

EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA

20 columnas sobre el entorno educativo y 4 lecciones sobre
el defecto 2000 y otras patologías

POR FERNANDO SÁEZ VACAS

Reservados todos los derechos. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 534-bis del Código Penal vigente, podrán ser castigados con multa y privación de libertad quienes reprodujeran o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte, sin la preceptiva autorización.

© EDITORIAL AMERICA IBERICA, 1999
Miguel Yuste, 26. 28037 Madrid

Depósito legal: D.L.: M-42176-1999

Printed in Spain

Diseño: Manuel Cordon

Ilustración de portada: José Luis Lorenzo y Eduardo Berazaluze

Filmación: Lumimar

Imprime: CGA

Indra, la empresa española de Tecnologías de la Información, tiene la satisfacción de patrocinar este año el libro que publica PCWEEK, una colección de artículos y notas del profesor Fernando Sáez Vacas, que compatibiliza con maestría la profundidad en el tratamiento de los temas con la amenidad y el sentido del humor. El notable esfuerzo realizado por el autor en la búsqueda de planteamientos atractivos y ejemplos visuales para ilustrar materias tan arduas se agradece especialmente dada la dificultad que las empresas de alta tecnología encontramos muchas veces para divulgar nuestra actividad, pese a que gran parte de nuestros desarrollos tiene aplicaciones tan cotidianas como acceder al metro o al autobús, coger un avión con seguridad, estar informado de cualquier incidencia en autopistas o autovías, arreglar papeleos de la Administración en una sola ventanilla, ejercer el derecho al voto, invertir con garantías en fondos o manejar la cuenta bancaria desde casa. En este sentido, el enfoque que del mundo tecnológico ha querido dar este libro, desde la educación, nos parece, además de un acierto, una novedad necesaria. Agradecemos, pues, la oportunidad de apoyar esta iniciativa de PCWEEK, así como la compleja y atinada labor del autor, Fernando Sáez Vacas.

Índice

Prólogo	7
Presentación	8

COLUMNAS

1. Norte-Sur	12
2. El hombre de Orce era un caballo	14
3. Ley de Moore (1): Un mundo maquinal	16
4. Ley de Moore (2): La era digital	18
5. Ley de Moore (y 3): Cambiarse el chip	20
6. Tecnofobia literaria	22
7. Transformación 4R	24
8. El triángulo PTA	26
9. La máquina interpuesta	28
10. Pistol Star	30
11. La duración creadora	32
12. El sujeto educativo	34
13. EVV: La Escuela Virtual Vitalicia	36
14. Noodiversidad	38
15. Analfabetismo técnico	40
16. Amigdala training	42
17. Gestión del conocimiento	44
18. Bibliotecas digitales	46
19. Tecnología pro-Gutenberg	48
20. Coevolución	50

LECCIONES SOBRE EL LADO OSCURO DE LA INFOTECNOLOGÍA

El lado oscuro	55
Incertidumbre tecnológica	63
Lógica y volatilidad de la máquina digital	69
Efecto 2000: Tecnología global con fecha de caducidad	75

Prólogo

Me piden un prólogo de 235 palabras. Resulta difícil escribir tan corto prólogo para libro tan informado y sugerente. Sólo para alabar su estupendo estilo necesitaría más espacio.

Fernando Saéz Vacas escribe sobre tecnología con mirada renacentista, amplía de intereses y saberes. Vivimos en un mundo hiperespecializado, donde se cumple la premonición de Machado: “Nadie sabe ya lo que se sabe, pero todo el mundo sabe que de todo hay quien sepa”. Necesitamos pensadores que integren tanto saber disperso y fragmentado. Sáez Vacas lo consigue. Devuelve la técnica al mundo de la gran cultura, sin demonizarla y sin divinizarla. Cree que necesitamos conocer su lado brillante y su lado oscuro. Su estudio del efecto 2000 es un ejemplo de perspicacia y ponderación.

La infotecnología resuelve problemas y plantea problemas. En este momento nuestras relaciones con la realidad se han hecho altamente ambiguas. La técnica se ha convertido en la gran interfaz. La realidad se desmaterializa progresivamente. El ser humano adquiere una fluidez nueva, que no sabemos bien como evaluar. Sáez Vacas, preocupado por la educación, piensa que el aprendizaje permanente puede crear un sujeto con yoes múltiples. Lo llama con un nombre apabullante: “Mamífero Multimutante Multinootópico”, y se pregunta: ¿Cómo podemos educar a un individuo así? La tendencia utilitaria que prevalece en el mundo educativo es mala solución.

No puedo decir más, y bien que lo siento. Resumiré: me enorgullece prologar un libro tan inteligente.

José Antonio Marina
Premio Nacional de Ensayo

Presentación

En noviembre de 1990 empecé a escribir columnas para el *Pcweek* y ahora, exactamente nueve años después, resulta que he publicado exactamente noventa columnas sobre una amplia diversidad de temas. En este libro se recopilan las veinte últimas, que es la forma en que, como he señalado en ocasiones anteriores, quedan mejor: juntitas.

Es un hecho aceptado que en materia de educación las sociedades desarrolladas se mueven controvertidamente desde hace varios decenios por ideas y líneas de actuación que oscilan entre la confusión, el desconcierto, el temor al fracaso y el fracaso mismo. La explosión del conocimiento humano, la disponibilidad masiva de información, las exigencias educativas crecientes del sistema socioeconómico y la hiperaceleración de las prestaciones tecnológicas son factores que no hacen más que ahondar nuestras dudas y, de paso, nuestros miedos. Las peores respuestas a estos cambios son las de quienes, roqueños, propugnan el retorno a tiempos pretéritos, que, naturalmente, siempre fueron mejores.

La nostalgia aquí no sirve de nada. Peor que eso, es un lastre. El mundo está cambiando tan drásticamente, que no nos deja otra opción que cambiar profundamente nuestros conceptos y modelos educativos, y mirar hacia delante, con el cuidado de conservar aquellos valores y dimensiones que realmente sean esenciales (?) para el ser humano.

Aún disponiendo de más tiempo para redactarlas, seguramente no sería capaz de sintetizar en unas pocas líneas de presentación lo que durante dos años he escrito en este serial sobre Educación y Tecnología. Cada una de las columnas es ya una síntesis, más densa de lo que aparenta, así que lo procedente es que sea el lector quien extraiga sus conclusiones.

Por si le sirve de ayuda, le diré que en líneas generales he explorado el entorno educativo en cuanto a su interdependencia con los factores arriba señalados, especial y machaconamente –como si de un sonido repetitivo de tam-tam se tratara– con la evolución de la infotecnología. Analizo, describo, asumo, dudo, defino, critico, relativizo, rechazo, satirizo, es decir, expongo mis muy particulares puntos de vista sobre conceptos, técnicas, necesidades y carencias. Probablemente, la última columna, titulada “Coevolución”, refleje bastante bien el sentido del fondo de mis planteamientos acerca del tema de esta serie de columnas: nuestros modelos educativos han caducado; hay que observar sin prejuicios la honda huella de la tecnología sobre el ser humano; éste coevoluciona con su entorno, en sentido amplio, o sea, también “con las máquinas, los sistemas y las redes que ha creado”.

Es difícil construir ideas precisas en medio de tan compleja coevolución. Declaro que mi mente está sumergida en un baño de perplejidades, pero mi actitud básica ha sido, y es, si no entregadamente optimista, muy abierta y positiva, atenta a los prodigios y oportunidades que están germinando. A los demás, sobre todo a esos intelectuales que pontifican, casi siempre de forma negativa, sobre cualquier cosa o circunstancia que se refiera a la tecnología moderna, quisiera pedirles que,

cuando menos, adopten la disposición de "pesimismo activo" de Umberto Eco: abrirse y experimentar.

El lector medio de este libro es también, por definición, abierto y positivo, así que supongo que sacará todo el fruto que sea posible sacar de la lectura de estas columnas, y no es necesario enviarle más señales. Si acaso, podría llamar su atención sobre una curiosidad que será difícil que le pase desapercibida, lo mismo que me ha ocurrido a mí al reelerlas ahora todas. En las columnas se utilizan, y juegan su papel, unas veces de referencia o metáfora, otras, de distanciamiento, numerosos ejemplillos e historias de animales, animalitos y microorganismos: insectos en general, caballos, focas-monje, vacas, escarchos, priones, virus, bacterias, elefantes, ratas, mamíferos, pájaros, mosquitos, gusanos, ranas, grandes simios y hormigas. (Por cierto, hoy se ha presentado en público el Diccionario del Español Actual, una increíble obra de investigación llevada a cabo por tres filólogos durante 30 años, recopilada en dos volúmenes de 4670 páginas. Un trabajo de hormiguitas).

Descartadas la zoofilia (ver la 1ª acepción del diccionario de la R.A.E., no la segunda) y la zoolatría, no puede ser casual tanta insistencia por mi parte en estos zoo-recursos de estilo. Auto(psico)analizándome, creo que he encontrado varias interesantes razones, que revelaré en otro momento. Lo que sé es que es una costumbre fructífera, como creo que acreditarán, entre otros, conceptos (que a algunos les sonarán a broma) tales como "noodiversidad", "noótopo" y "mamífero multimutante multinootópico", derivados, más o menos, de "biodiversidad" y "biótopo". Para ilustración del lector, los cuatro grandes proyectos de genoma son actualmente: a) El gusano *Elegans*, oportunamente citado, junto a la rana, en la columna "Gestión del conocimiento"; b) La mosca *Drosophila*; c) El ratón; y d) El ser humano (está previsto terminar su trazado en el 2003).

Sí, en resumen, la primera parte del libro aborda la educación como un campo de aplicación de la herramienta tecnológica, hay que reconocer que los prodigios y las oportunidades que ésta aporta no están exentos de sombras, problemas y riesgos: incertidumbre, saturabilidad, volatilidad, vulnerabilidad. La segunda parte del libro despliega algunos argumentos y ejemplos orientados a subrayar la necesidad de introducir en los programas educativos de técnicos e ingenieros de informática y telecomunicaciones el estudio de estos temas, para impedir en lo posible que enfermedades de la propia tecnología arruinen sus potenciales ventajas.

A esta segunda parte la he llamado "Lecciones sobre el lado oscuro de la info-tecnología". Contiene cuatro artículos, de muy diferente extensión, dos de ellos reeditados, e inéditos los otros dos: el primero, titulado "El lado oscuro", y el cuarto, "Efecto 2000: Tecnología global con fecha de caducidad". En ambos consta la fecha del final de su redacción. El del efecto 2000 (mejor, defecto 2000) se terminó el 15 de abril de 1999. Después, no se ha añadido ni una coma. No hacía falta. Podría haber completado pocas fechas antes de la edición del libro los datos, el estado de la reparación, las noticias, la termometría de la opinión social, etc., pero nada de eso habría cambiado la estructura del ensayo, elaborado como una lección permanente, no como una alerta.

El autor

COLUMNAS

Norte-Sur

Esto es lo que acabo de leer: "Para el año 2047 casi toda la información, incluyendo un gran porcentaje de conocimiento y obra creativa, estará en el ciberespacio. Se dispondrá en línea de toda la información sobre objetos físicos, tales como seres humanos, edificios, procesos y organizaciones. Esta tendencia es a la vez deseable e inevitable. El ciberespacio proporcionará la base para nuevas y maravillosas formas de informar, distraer y educar a la gente".

¡Educar a la gente! Dándose una vuelta por academias, colegios y facultades universitarias cuesta trabajo creer que dentro de cincuenta años todo eso que vemos, olemos y tocamos podría haberse transformado en **aulas virtuales, teleprofesores y computlaboratorios interactivos** de experimentos simulados. Pero, de hecho, sabemos que es técnicamente posible, aunque desconocemos si es inevitable y dudamos de que sea exactamente deseable.

En un plano conversacional todos aceptamos sin vacilar la trascendencia de la función social de la educación y hasta estamos dispuestos a suscribir que **"La educación encierra un tesoro"**, identificándonos con este título del informe (1996) a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. Sin embargo, en el terreno práctico, la educación no despierta un afán comparable, o sea, que nuestros intereses educativos son más bien retóricos.

Lo más corriente, para qué nos vamos a engañar, es que una amplia mayoría de ciudadanos lo desconozca todo acerca del mundo de la educación y hasta se desentienda olímpicamente, salvo en lo que atañe a aspectos puramente utilitarios, tales como que haya plazas escolares baratas o gratuitas donde más les convenga, a aprobar los exámenes y a que los estudios sirvan para encontrar un empleo, por ejemplo. Los jóvenes españoles, en una encuesta de octubre de 1996, situaron **los estudios en quinto lugar de importancia**, detrás de la familia, la amistad, el trabajo y ganar dinero. Y aunque los expertos empresariales suelen referirse a la educación como un asunto estratégico, mi experiencia personal me ha hecho ver que, por el contrario, la mayor parte de las empresas de este mismo país relega la formación interna al último de los limbos. O al penúltimo.

El director de la Estación Biológica de Doñana ha expuesto su tesis de que **los seres vivos son pequeñas chapuzas que funcionan**. Por lo visto, el éxito de una planta para atraer a los insectos que dispersan su polen no depende de la espectacularidad de su exhibición floral, como se creía, sino del microambiente que la rodea. Pongamos que esta

tesis tan sugerente sea aplicable también al ser humano en su vivir social. En tal caso, nuestras actividades educativas, sus formas, niveles y modelos, la intensidad y variedad de recursos asignados, los destinatarios, la duración, la frecuencia y hasta los fines de la educación dependerían más de lo que nos rodea y de su evolución que de nuestras opiniones e intereses particulares o de las teorías de los especialistas en pedagogía.

Si alguna cosa constituye hoy **nuestro entorno** y nos rodea por todas partes, ésta **es la tecnología**. El citado informe a la UNESCO clasifica el ámbito de la educación en cuatro vías del saber o aprendizajes fundamentales: **aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser**. La explosión tecnológica afecta a los cuatro tipos de aprendizaje, porque, para bien o para mal, altera profundamente los procesos humanos del conocer, del hacer, del relacionarse y del ser. El reloj mecánico, por ejemplo, que nació para regular la observancia religiosa de las rutinas monacales acabó regulando absolutamente todas las actividades sociales.

Dadas las circunstancias, asumo como un riesgo escribir unas cuantas columnas sobre temas de educación. Que nadie tema encontrarse con un manual por entregas, sólo nos faltaba eso. Emularé la estrategia del pájaro, picoteando de flor en flor, siempre alrededor, cerca o directamente de los factores tecnológicos. Mi concepto-guía será que **la educación**, más allá de todas las definiciones formales y teorías al respecto, **es un proceso personal y social de adaptación a las realidades** de cada momento.

De forma general, las realidades son diferentes según los países y es un tópico que las mayores diferencias se manifiestan entre el Norte y el Sur. En el Reino Unido, el síndrome de fatiga crónica afecta a la mitad de los escolares británicos, que a veces se ven obligados a abandonar las clases de forma definitiva. En España, el 80% de los estudiantes de séptimo y octavo no sabe hacer una regla de tres. Estos fenómenos ocurren en dos países desarrollados (el Norte), donde residen la plena escolarización, el confort y la tecnología, no en el Sur, donde habitan el subdesarrollo o la pobreza (causantes de la genuina fatiga crónica) y el analfabetismo. Mis columnas sólo se ocuparán del Norte, donde mis lectores y yo estamos empadronados.

El hombre de Orce era un caballo

Uno de los efectos que más pesan sobre las opciones educativas es la increíble intensificación, acumulación y difusión del conocimiento, lo que unido a la gran esperanza de vida del ser humano en los países desarrollados y al continuo reciclaje individual impuesto por la que llaman precisamente **sociedad del conocimiento**, constituye un panorama insólito y desconcertante.

Los asuntos de la educación han cambiado con los tiempos. El hombre de Neanderthal poseyó un cerebro de un peso aproximado al nuestro, pero a lo mejor casi vacío, dado que no consta que recibiera muchos cursos en las inexistentes escuelas de entonces. Dando un gran salto cronológico, en la Edad Media, en la que se inventaron el reloj mecánico, la imprenta de tipos móviles y el telescopio, todo el conocimiento se recogía en el **trivium** (gramática, retórica y dialéctica) y en el **quadrivium** (aritmética, geometría, música y astronomía). Hacia 1480 sólo había 34 escuelas en todo el reino de Inglaterra. Hoy, en la Unión Europea hay 350.000 escuelas, 4,5 millones de profesores y 67 millones de alumnos (fuente: DG XIII).

Seguramente la revolución del conocimiento se inició con la imprenta. Cincuenta años después de su invención se habían impreso y distribuido más de ocho millones de unidades de libros y folletos. Según el Atlas Gaia, en 1985 se publicaron en todo el mundo alrededor de tres cuartos de millón de títulos de libros -no de unidades, que éstas andarían por el millar de millones- y la variedad de revistas técnicas o científicas se acerca al millón. El ingeniero R.W. Hamming, el del famoso código, ha escrito recientemente que "desde los tiempos de Newton (1642-1727), **el conocimiento se ha ido duplicando cada 17 años** y para afrontar tal crecimiento se ha incrementado la especialización, que ahora alcanza a 10.000 especialidades".

La revolución cognitiva ha llegado a entremezclarse con la revolución de los medios informativos de papel y electrónicos, que, además de fuentes de información y entretenimiento, son vehículo potencial de conocimiento, para crear conjuntamente una ecología mental agobiante. Quien lo ha expresado muy bien ha sido el realizador de TV Chicho Ibáñez Serrador: "La mayor aventura que hoy existe es la de encerrarse unos pocos días en una habitación, sin televisión, sin radio, sin libros, sin teléfono y preguntarse lo siguiente: ¿Por qué me pongo tan nervioso al estar así?".

Resumamos en pocas líneas algunas de las luces y de las sombras de este panorama. La tendencia a la **sobrespecialización** es tan buena como mala noticia. Buena, porque permite profundizar en el conocimiento y

resolver problemas. Mala, porque al producir conocimiento descontextualizado aumenta la **desconexión, confusión y complejidad de la sociedad**, e ipso facto nuestra cultura e ignorancia, hasta el punto de que ni siquiera sabemos responder a la cuestión de cuál sería el conocimiento básico imprescindible para las personas cultas de hoy día, o sea, el trivium y el quadrivium de esta época hipercompleja.

El conocimiento no es algo estático, sino **un estadio en el proceso del desarrollo humano**, tanto a escala de la Humanidad como de la persona individual. Es una situación objetivamente motivadora. Cada día aporta a la colectividad humana una nueva "verdad" o un nuevo y audaz experimento, casi siempre posibilitados por la tecnología, que modifican el acervo universal del conocimiento. Hoy nos revelan que no descendemos del hombre de Neanderthal, porque las secuencias de su ADN, extraídas de las raspaduras de un esqueleto de hace 30.000 años, son demasiado diferentes genéticamente de las humanas. Ayer, que el hombre de Orce no era un hombre, como se aseveró en un principio, sino un caballo. Mañana, que se ha identificado el gen del mal humor, o que tenemos un carrito-robot analizando directamente rocas en la superficie de Marte, o que dos científicos españoles han descubierto, gracias a una técnica inmunológica, por qué morían las focas-monje en la costa del Sáhara Occidental.

Y la **aventura personal** de adquisición y creación de conocimiento a partir de ese acervo no se termina ni a los veinte ni a los treinta años, ni con la menopausia, ni con la prostatitis, ni se limita a la escuela, la universidad o la empresa, sigue hasta cuando tú quieras con millones de recursos disponibles y con Internet al alcance de tu mano.

Esta, que es una noticia catalogable como de "dibujos animados", tiene también su parte negativa. La tecnología actual posee tal capacidad para generar y multiplicar la información y potenciar los recursos para su transmisión, reproducción, procesamiento y acceso, que inevitablemente se convierte en una **fábrica de redundancia, ruido y ganga** y a nosotros nos transforma en receptores crédulos o en navegantes despistados en busca de las fuentes de "qualité". Ahora cualquier bobada puede difundirse instantáneamente urbi et orbe, mientras que Copérnico, que murió el 24 de mayo de 1543, a los setenta, sólo escribió una obra científica, "De Revolutionibus Orbium Coelestium", donde situaba al Sol en el centro del firmamento. En el lecho de muerte recibió una copia de imprenta de su libro.

Ley de Moore (1): Un mundo maquinal

Para las esforzadas huestes de la industria electrónica esta ley es casi como un mantra, pero es mucho más: el fenómeno tecnológico, humano y social que describe representa probablemente **uno de los más importantes factores de cambio** en la historia de la Humanidad. Tal es el motivo de que nos ocupemos extensamente de ella.

En el colegio te enseñan algunas leyes muy útiles, que explican el comportamiento del mundo físico. Por ejemplo, Fuerza-igual-a-Masa-por-Aceleración es una ecuación perteneciente a la Mecánica y a nuestro padre Newton, quien, en el año 1686, enunció la ley de la gravitación universal, aplicable a toda partícula de materia del Universo. Las leyes de Boyle y de Gay-Lussac, de aplicación a las propiedades térmicas de la materia están también en nuestros libros de Física, como la ley de Stokes, relativa a la resistencia que experimenta una esfera desplazándose por un fluido viscoso. Con esta clase de conocimiento científico, **el ingenio humano inventa tecnología**, o sea, aparatos, dispositivos, máquinas.

La ley de Moore, en cambio, no consta en los libros de Física. No es una ley científica, ni universal, ni eterna, sólo es una fórmula empírica debida a Gordon E. Moore, que mide, estimula y predice la capacidad humana de innovación aplicada al progreso de la tecnología microelectrónica. Un buen día de 1965, Moore echó cuentas y se percató de que los fabricantes de circuitos integrados estaban **duplicando cada año la densidad de los componentes electrónicos** en la diminuta pastilla de silicio que constituye el chip. Lo comentó por ahí y se ha convertido en una ley.

Dicha ley recibe retoques de cuando en cuando. El coeficiente multiplicador anual de la densidad se mantuvo en el valor 2 desde 1958 hasta 1972, se redujo a 1.6 desde entonces hasta 2010 (estimativo) y se cree que pasará a valer 1.16 desde esta última fecha en adelante, hasta alcanzar los límites de la Física.

Ejemplos prácticos: los chips de memoria del tipo DRAM, que en 1972 contenían un Kilobit, al ritmo multiplicador de 1.6 anual, en el 2010 pasarían a tener una capacidad de unos 64 Gígbits, o sea, a albergar 64 mil millones de transistores en una pastilla de silicio. Tal vez ni siquiera haya que esperar al año 2010, porque en enero de 1997, investigadores de la Universidad de Minnesota han anunciado una técnica para integrar ese mismo número de transistores en un chip de 1 centímetro cuadrado de superficie. Los chips microprocesadores siguen la misma pauta, pero instalados en un orden de magnitud menos: el procesador Alpha, de Digital Equipment, integra cerca de 10 millones de transistores. Para el

año 2002, los expertos de la industria prevén integrar en un chip un computador personal completo, dotado de 32 MB de memoria, de circuitos para vídeo y audio, para reconocimiento del habla y para conexiones a redes y a memorias de masa.

Creo que la razón de que esta ley no haya saltado al análisis sociológico o al ensayo filosófico es porque **la mente humana no concibe ni entiende los grandes números**, que no entran en el ancho de banda sensorial de su vida biológica. Las distancias cósmicas o subatómicas pertenecen al dominio de los instrumentos y de la especulación científica, no a nuestro “metabolismo” neuronal, apto sólo para manejar pequeños números y cálculo lineal.

Todos hemos oído esa fábula del extranjero que salva a la princesa y cuando, para premiarlo, su padre, el rey, le ofrece lo que quiera, aquél, ante la hilaridad de la corte por su ingenuidad, sólo pide que le den el primer día un grano de trigo (en las versiones modernas son una peseta o un centavo de dólar), con la condición de que se le duplique cada día la cantidad de granos del día anterior. Lo que no comprenden ni el rey ni sus cortesanos es que en pocas semanas el extranjero se habrá convertido en el dueño de todos los graneros del país, porque su posesión se decuplica cada 3.34 días, se megaplica cada 20 días, se gigaplica cada 30 días, se teraplica cada 40 días, se petaplica cada 50 días, etc. (Mega, Giga, Tera, Peta: 1, seguido de seis, nueve, doce, quince ceros).

Los días 1 a 5 de marzo de 1997 la Association for Computing Machinery (ACM) ha celebrado el primer cincuentenario de la informática con una gran Conferencia titulada “The next fifty years of computing”. En ella, apuntando con el dedo de la ley corregida de Moore, Gordon Bell ha estimado que dentro de cincuenta años, los computadores y procesadores serán como mínimo 100.000 veces más potentes que los actuales y su número se habrá multiplicado por 100.000 también, es decir, que **la población mundial de estas máquinas digitales se habrá petaplicado** (según mis cálculos) en sus primeros cien años de vida. ¿Alguien cree seriamente que en un mundo tan abrumadoramente maquinal pueden mantenerse inalterables los modelos, las estrategias y los contenidos educativos?

Ley de Moore (2): La era digital

Igual que mayoritariamente se acepta que el Universo se expande, ya se aceptaba en el decenio de los ochenta que la informática se estaba expandiendo hacia una estructura de máquinas conectadas por redes. Pero el inesperado y fulgurante éxito de la Web -¡se da de alta una página de Web cada cinco segundos!- ha acelerado ese proceso de desplazar el centro de gravedad informático de los computadores a las redes.

Las implicaciones prácticas de la ley de Moore se apreciarían mejor si se situasen en un marco de evolución histórica de la tecnología. Para empezar, hemos de ser muy insensibles si no nos causa enorme sorpresa y admiración que en los pasados cincuenta años el ámbito de la tecnología de la información haya alumbrado **inventos tan grandes** como el transistor, el ordenador, el láser, el circuito integrado, el magnetoscopio de color, la fibra óptica, los satélites de comunicaciones, las redes de datos, el cd-rom, las comunicaciones móviles, Internet y la realidad virtual.

Todos estos inventos han entrado en una fase de convergencia y de sinergia, que abre la vía de la era digital o ciberespacial. Para evitar confusiones, quisiera advertir de la diferencia entre **“era digital”** y **“sociedad digital”**. La primera se refiere a la circunstancia técnica de la viabilidad de un uso generalizado de la tecnología digital como soporte de la información, mientras que la segunda debería aplicarse a su implantación social.

Me voy a permitir extraer algunos de los datos y proyecciones técnicas del futuro próximo que Bell, Gray, Frankston, Weiser y otros autores y conferenciantes expusieron en la Conferencia “The next fifty years of computing” o en el libro conmemorativo de la ACM, titulado “Beyond Calculation”. **La arquitectura del ciberespacio será un inmenso tejido de redes**, redes de larga distancia (wan), redes locales (lan), redes de sistemas (san), redes hogareñas (han) y redes corporales (ban), en el que flotarán conectados toda suerte de computadores, “enchufados” por medio de interfaces y de sensores con el mundo natural (casi nunca digital) de las personas, de las cosas y de los fenómenos físicos.

Algunas de las **plataformas informáticas** previstas para construir tal arquitectura ciberespacial son: a) Multicomputadores escalables: colecciones de computadores independientes de tipo estándar, controlados por sistemas operativos distribuidos y comunicados por redes de área de sistemas, para ejecutar grandes cálculos y operaciones de servicio en intranets; b) Chips-computadores completos, especializados en ciertas aplicaciones, en proporción numérica de mil por cada pecé (o así-

milables: enecé, enepecé; o sea, network computer, network personal computer); c) Computadores ubicuos (ucé, ubiquitous computer), ocultos dentro de las cosas, de las paredes de nuestro hogar, de nuestra ropa, de nuestros electrodomésticos, de nuestros libros, de nuestro cuerpo, de nuestros coches, y conectados por redes (han, ban) con todos sus congéneres digitales.

La panoplia de **sistemas de interfaz** incluye pantallas portables de alta calidad y bajo consumo, habla, vídeo sintético, localización automática de posición global, sensores y efectores biomédicos y tratamiento de señales de sonar, radar e imágenes.

La era digital se fundamenta en una voracidad insaciable de bits, por eso nadie quiere que la ley de Moore se agote. Transformar, almacenar y transmitir la información del ámbito de los sentidos humanos al de la máquina digital, y a la inversa, requiere además de técnicas muy complejas que la fuerza bruta de los circuitos progrese geométricamente. Para hacernos una idea, si una persona, con dedicación completa, tuviera que registrar todo el video comprimido que pasase delante de sus ojos, necesitaría 1 PB a lo largo de su vida, siendo un Petabyte la capacidad de memoria necesaria para almacenar el equivalente a mil millones de libros sólo con texto. Computar la película Toy Story en tiempo real exigiría un ordenador de 100 Teraops, que todavía no ha sido construido ni será posible hacerlo hasta dentro de unos años. (Ops, flops: operaciones por segundo, operaciones de coma flotante por segundo).

Pero, **¿existe la necesidad social o es todo una manipulación de la industria?** En los años de los primeros computadores, el Sr. Watson, de IBM, dijo que no había mercado para más de cinco o seis unidades. El Sr. Olsen, de Digital, en 1977 vaticinó que los pecés para uso doméstico no tendrían mercado. Y el Sr. Cray, a finales de los setenta, diseñó su (hoy mítico) supercomputador Cray-1 estableciendo la premisa de que había un mercado potencial de unos cien clientes. Lo cierto es que los pecés de última generación tienen más potencia y memoria que el Cray-1, y que el sector de la supercomputación, recién alcanzado el listón de los teraflops, orienta sus objetivos al de los petaflops para el año 2010.

Ley de Moore (y 3): Cambiar el chip

Ha quedado expuesto que la ley de Moore gobierna el crecimiento exponencial de un universo poblado de máquinas, cuyos poderosos mecanismos no son más que grabaciones invisibles sobre un material semiconductor, a escalas ya cercanas a las del ADN en el material genético. Manejando cifras reales acerca de esta ley y una vieja fábula he intentado presentarla como uno de los descriptores más nítidos de los cambios en la tecnología de la información, pero era mayor mi intención de utilizarla como una **metáfora del ritmo sobreacelerado de la tecnología** en general frente a los **cambios mucho más lentos de nuestra evolución** biológica, cultural y social.

Finalmente, estos microcircuitos son las células que componen el ciberespacio que nos acaban de describir los expertos. Sin el menor acento orwelliano, podemos conceptualizarlo en su futuro como la **Máquina Digital Total**, que se convierte paulatinamente en nuestra interfaz para percibir, conocer, registrar y controlar el mundo a través de la información.

No sabemos si con esta Máquina seremos capaces de resolver problemas fundamentales de nuestra nave Tierra, tales como el deterioro medioambiental, la pobreza, la ignorancia, el cambio climático o las enfermedades degenerativas, de lo que sí estamos seguros es de que nuestra adaptación personal y social no va a ser un camino de rosas. Veamos por ejemplo la cuestión de la edad.

Cuando este columnista era niño jugaba a la peonza, al aro, a las chapas, a los soldaditos de plomo en ardorosos combates que se dirimían con cañones fabricados con las pinzas de madera de tender la ropa, al escondite, al rescate y al parchís. Leía ingenuos tebeos y libros que casi sólo contenían texto. La televisión aún no había llegado y los otros grandes inventos que se han mencionado anteriormente, o no existían, o no se tenía noticia de su existencia. Hice todos mis estudios de ingeniería con la ayuda de **una pequeña regla de cálculo de plástico**.

A nuestros hijos, todas estas historias les suenan a las batallas del abuelito, como si se les estuviera hablando de la antigua Sumer. Pero ellos son ya unos abuelitos también, porque sus hermanos más pequeños son los niños de la generación Nintendo, que desde siempre han visto en casa un pecé, programan el vídeo, están habituados a un paisaje urbano de cajeros automáticos, consolas y tarjetas electrónicas, ven la tele tres horas cada día, navegan por Internet y puede que sean cariñosos propietarios de esa mascota virtual llamada "tamagotchi".

Está claro que para sobrevivir en la competitiva jungla social hay que cambiarse el chip, como ahora se dice en tecnolenguaje de la calle, pero mientras que las máquinas los renuevan materialmente y proliferan a un ritmo de ley de Moore, nosotros, por lo que se está viendo, estamos obligados a hacerlo **como poco cada siete u ocho años**, lo cual es un agravio comparativo frente a nuestros antepasados, que sólo lo cambiaban cada cincuenta, cien, o cada varios miles de años, si nos remontamos a los principios de la Humanidad. Leyendo al psicólogo Piaget y a Sherry Turkle, cabe incluso dudar de que alcancemos a cambiarlo del todo, ya que, según nos demuestran estos sabios, es en cierta etapa de su vida cuando el niño construye sus conceptos de espacio, tiempo, número, causalidad, vida y mente, y lo hace precisamente a partir de los objetos que lo rodean.

Tal vez llevamos siempre con nosotros **el aroma de nuestra infancia** y eso no nos permite instalarnos plenamente en un presente inevitablemente tan distinto. Es casi seguro que los niños de hoy y sobre todo los de próximas generaciones no habrán entrado en un corral de gallinas o en una cochiguera, ni habrán visto parir realmente a una vaca. El aroma de su infancia se habrá formado en la experiencia de muchos seres humanos desarrollando sus actividades acoplados temporal o permanentemente con numerosas y diversas máquinas abstractas. Sería curioso que la ley de Moore acabase siendo no sólo la expresión formalizada del anacronismo crónico de cada uno de nosotros, sino una ley del **grado de digitalidad de la sociedad moderna**.

Pero hemos quedado en que el **ciberespacio**, ese conjunto casi innumerable de máquinas digitales, no es precisamente una mascota virtual, sino **el instrumento con el que maneja(re)mos el mundo**. Sobre la relación de la sociedad con el ciberespacio, es decir, con el mundo, habrá que considerar entonces las consecuencias de estas dos importantes cuestiones, a las que en otro trabajo he denominado como **"lógica y volatilidad de la máquina digital"**: a) El cerebro y el sensorio humanos son muy poco digitales y numéricos, mientras que la máquina digital (en sentido genérico) funciona exclusivamente por velocidad y acumulación en el dominio del número; b) El sobreacelerado cambio de chips de esta Máquina la convierte en un instrumento extremadamente volátil.

Tecnofobia literaria

Es innegable que cada día crece el **rechazo social de la tecnología** y de ello hay pruebas continuas, algunas violentas. ¿Recuerdan al “una-bomber”?

La psicología evolutiva estudia el desacople entre nuestra dotación genética y el mundo moderno, que genera unas cuantas enfermedades, tales como depresiones y alienación patológica. Según este movimiento teórico, la tecnología, en miles de pequeñas formas, desde el coche, el teléfono, el frigorífico, hasta los alimentos semipreparados listos para el microondas, ha frustrado muchos de nuestros impulsos animales, creados por la selección natural, que nos llevan al amor, la piedad, la generosidad, el contacto físico y la confianza en los otros. La televisión es lo “más” en materia de tecnologías aislantes, sobre todo conectada a un vídeo y a un cable coaxial. E Internet, aunque en principio parece ir en la buena dirección, está bajo sospecha por los efectos todavía desconocidos de la sobreinformación.

Tal vez los “impulsos animales” hayan recuperado posiciones, porque en agosto de 1997 las tres principales cadenas de TV en USA habían perdido conjuntamente 1.5 millones de televidentes. Sus eslóganes de contraataque para recuperar televidentes son irresistibles: **“No te preocupes, aún te quedan miles de millones de neuronas”**, “El sillón es tu mejor amigo”, o “La vida es corta: ve televisión”.

Anoto siempre que puedo las opiniones de escritores y artistas sobre tecnología, convencido de que sus ideas y sus obras influyen bastante sobre la sensibilidad del gran público. Esto es lo que respondía durante una entrevista el escritor colombiano Alvaro Mutis, al que no cabe imaginar como un próximo usuario de “groupware”: “¿Medios de comunicación? Medios de incomunicación los llamaría yo. Comunicarse es sentir el calor de la otra persona, compartir un estado de ánimo y así se entendió en la Grecia clásica, o en la Edad Media. El gran fallo de estas máquinas electrónicas es que no pasan un solo sentimiento. Detesto todos los medios electrónicos de comunicación: el Internet me parece un invento del diablo”.

Ernesto Sábato: “Está de moda poner por encima de todo la ciencia y la técnica, que tienen cierta hermosura, pero que están llevando al mundo al peligro de destrucción”. Como resumen de un debate sobre ¿Qué será de la literatura?, en el que participaron gentes como Harold Bloom y Remo Guidieri, se escribió lo siguiente: “La enfermedad está ahora madura. En todo el orbe occidental desarrollado, la literatura retrocede vertiginosa-

mente dejando paso a la **arrolladora marabunta de los medios audiovisuales** encabezados por los ordenadores personales y el crecimiento de la realidad virtual".

Y por último unos extractos del discurso del príncipe de los tecnóforos, el escritor Francisco Umbral, en la ceremonia de entrega de los Premios Príncipe de Asturias 1996: "Quiero decir que **sólo la cultura**, ese saber del hombre sobre el hombre **puede salvar el mundo**, y aún salvarnos de la barbarie técnica o guerrera, de la tecnología beligerante, como en un cuento de hadas cibernéticas (...)" . Y más adelante: "Estamos rodeados, no me asusta decirlo, los robots, los misiles y los dioses antiguos han armado su guerra contra la vieja Europa".

A muchos escritores actuales la técnica les despierta malas vibraciones. Para ellos, la cultura sólo son las humanidades -ese saber del hombre sobre el hombre- y las artes y el libro impreso. No lo son la ciencia, la técnica o la tecnología, que traen incomunicación, mediocridad y peligro. La prensa diaria parece sumarse a esta perspectiva, puesto que en sus páginas de cultura se ocupa de libros, de música y de artes plásticas y escénicas, mientras que los reportajes sobre el Pathfinder, los descubrimientos antropológicos y el ordenador más rápido del mundo los envía a las páginas de sociedad!

Empero, sería tan ingenuo como injusto atribuir sus malas vibraciones exclusivamente a ignorancia, a miedo a lo nuevo (neofobia) o a un trasnochado elitismo social, habrá que atribuirlo asimismo a que los técnicos, por nuestra parte, nos esforzamos todo lo que podemos en construir simplistamente un **territorio irreal formado por números y abstracciones**, en el que con frecuencia el factor humano apenas tiene sitio. Tal operación posee un nombre ya acuñado: deshumanización de la técnica. En este forcejeo de unos y de otros, los psicólogos evolutivos y esos escritores alimentan la tecnofobia, mientras que los técnicos abren la vía hacia el tecnopolio.

La moderna **contraposición curricular entre Técnica y Humanidades es artificial** y absurda, pero lo grave es que se ha instalado profundamente en nuestro discurso y en nuestra acción. Reconocer que el progreso cultural es también progreso tecnológico no es más que leer la historia con ojos desprejuiciados. La evolución cultural del hombre, no su evolución biológica, ha sido su modo de adaptarse al medio ambiente. **La tecnología** no es sólo un instrumento para transformar la cultura, **es también cultura**.

Transformación 4R

El presidente del Instituto Tecnológico de Massachusetts ha creado un grupo de trabajo para revisar y definir la misión educativa de este centro en el siglo que se avecina. En su informe preliminar leemos lo siguiente: "Cada vez menos puede valorarse la experiencia universitaria como algo que proporcione una plataforma estable sobre la que construir una carrera con un formato predecible; lo que tiene que proporcionar cada vez más es un marco flexible para el aprendizaje duradero en un entorno técnico rápidamente cambiante".

No sería extraño que, para documentarse en su tarea, esta comisión del MIT acabase consultando el libro titulado "Transforming Higher Education: A Vision for Learning in the 21st Century", editado por la Society for College and University Planning. En él se dice que la sociedad está emprendiendo una transformación fundamental **desde la Era Industrial a la Era de la Información**, transformación que concierne de lleno al sistema educativo universitario. El motor de la Era de la Información son el aprendizaje (learning) y el conocimiento.

A mi argumento, expuesto en columnas anteriores, de que, en líneas generales, la educación es básicamente un proceso de adaptación a las realidades de cada momento, responden los ex-profesores Dolence y Norris, autores del libro y consultores, con un modelo concreto de proceso de transformación del sistema educativo universitario, que contiene cuatro subprocesos interconectados: 1) **Reorientar** la visión de la educación universitaria con la Era de la Información; 2) **Rediseñar** la educación conforme a esta nueva visión; 3) **Redefinir** los roles y responsabilidades de los agentes y del sistema educativo; y 4) **Reingenierizar** los procesos organizativos. Lo llamaremos el modelo 4R.

La población humana mundial se incrementa anualmente en ochenta millones de seres. En cantidad parecida o superior estiman los autores -a mi entender, de forma un tanto discutible- el número anual de aprendices FTE (Full Time Equivalent Learners, o Equivalentes a Dedicación Completa) generado por las necesidades de acelerada renovación cíclica de los conocimientos de la fuerza laboral. Semejante demanda sobrepasa brutalmente en volumen y variedad de recursos, y en estructura y concepto, las posibilidades del sistema universitario, concebido desde hace ya algún tiempo a la medida de los requisitos de la Era Industrial.

En efecto, **el modelo educativo actual** refleja muy aproximadamente el **modelo de producción industrial clásico**: planes de estudio cui-

dadosamente elaborados y de lenta renovación; concentración de recursos materiales e intelectuales en los campus; calendario docente establecido en sus más mínimos detalles; alumnos de dedicación exclusiva agrupados en aulas y laboratorios en presencia de un supervisor, profesor o guía homologado por el sistema; tests de calidad (exámenes) sincronizados; certificados de garantía (títulos discernidos oficialmente por la autoridad académica). Todas estas características han sido la respuesta histórica a un mundo que era razonablemente estructurado y estable.

Pero el segmento del mundo que manda en el mundo se desliza ahora **fluido, incierto**, explosivamente informativo, **desestructurado**. Sus necesidades educativas desbordan los moldes rígidos de un sistema acotado por diseño en todos sus parámetros funcionales: tiempo, emplazamiento y profesorado. Pide dispositivos educativos activables por el aprendiz o usuario ("just-in-time learning"), desplegables según su ritmo y conveniencia, desligados de un espacio físico concreto, es decir, disponibles en una red global, y profesores accesibles por medios tecnológicos, que actúen como tutores, facilitadores, intermediarios o guías de navegación por el mar del conocimiento. Tal es, en trazos gruesos, según Dolence y Norris, la nueva visión de la educación superior o por lo menos de su parte dedicada a apoyar el **"aprendizaje perpetuo"** (antes, "educación continua") de la sociedad.

Para resumir en trazos supergruesos lo que no cabe contar aquí de los tres subprocesos restantes, diría que en ellos aparece la infraestructura tecnológica detalladamente descrita como la herramienta-solución. ¡Sólo exige que personas e instituciones transformen todos y cada uno de sus roles y funciones para acomodarse a ella!

El libro me ha costado \$40 US, más portes. Leerlo es instructivo, lo que no obliga a estar de acuerdo con todas sus propuestas. Por ejemplo, hace mucho hincapié en "aprender, aprender", pero no menciona nada que tenga la menor relación con cuestiones como "aprender a vivir juntos" o como "aprender a ser" (véase informe a UNESCO), ergo, **su visión de la educación es mecánicamente pragmática**. Más aún, sus autores pertenecen a la categoría de ultratecnoptimistas: pergeñan una historia exclusivamente alegre del futuro educativo con la tecnología y como vía de acceso a él nos proponen un frío proyecto de ingeniería dura.

Y, hablando de eras, aprovecho para mencionar el modelo 3R de la Era de Acuario, en su versión relativa a los recursos materiales y energéticos: Reducir, Reutilizar, Reciclar.

El triángulo PTA

La educación a distancia empezó con el libro impreso, puesto que la imprenta arruinó la epistemología de la tradición oral, o, dicho en lenguaje llano, eso de pasarse la información exclusivamente de boca a oreja. Este tipo de educación a distancia sigue vigente en nuestros días, como lo prueba el hecho, entre otros, de que cuando un estudiante universitario agarra un buen libro de texto casi seguro que se mantendrá a la mayor distancia física posible del profesor que le haya tocado en suerte. De aquí se desprende, por un lado, la vitalidad de esa tecnología educativa del medioevo llamada "libro" y, por otro, el deterioro como agente educativo del profesor humano, concebido como instrumento boca-a-oreja.

En los tiempos que corren, de internets, webs, cd-roms, hipermedios, correos electrónicos, televisiones digitales, groupwares, videoconferencias desde pecés, y otras tecnologías infocomunicativas más o menos interactivas, habituales ya en hogares, oficinas y cafés, la incongruencia epistemológica del profesor ejecutando su papel clásico "canta" demasiado. Y probablemente cuando más canta es precisamente cuando utiliza alguna de estas tecnologías como un instrumento de boca a oreja, sin más, es decir, con el mismo formato de comunicación del libro impreso o anterior.

Hay pocos oficios que no sean tocados por la tecnología. Tal vez uno de ellos sea el de golfista, quien tanto ahora como hace cuatro años o dentro de diez afrontará el hoyo 17 del campo Valderrama, 467 metros, par 5, en lucha contra él mismo y contra la naturaleza, con la sola ayuda de un palo. Pero no es el caso del oficio de educador o profesor.

Aunque parezca una simplificación, el **Profesor, la Tecnología educativa y el Alumno** o Aprendiz forman un triángulo relacional, el triángulo PTA. En general, con esos tres vértices se arma el proceso educativo. Durante 500 años, el libro, la pizarra y el laboratorio o taller han sido la tecnología educativa, los instrumentos de los que el profesor en persona se ayudaba para montar sus procesos de transmisión de ideas y conocimientos o de ejercitación de destrezas en el alumno. Al cambiar la tecnología T, y más en la medida en que sucede ahora, se alteran inevitablemente las relaciones bidireccionales PT, PA, AT y PTA, de modo que no queda otro remedio que **rediseñar el proceso educativo** y montar unas nuevas relaciones, salvo que se decida mantener el asunto al margen del mundo real. Intentaré ilustrar algo de esta teoría a través de un ejemplo práctico.

Es un hecho constatado que en el mundo real hay actualmente unos potentes programas de **software de matemáticas**, que corren sobre

pecés, se manejan por medio de interfaces cada vez más sencillas y son utilizados para aprender o hacer matemáticas y para resolver profesionalmente problemas de la ciencia y de la ingeniería. Algunos, como Mathematica, Maple, Matlab, Matcad o Scientific Workplace, han tenido mucho éxito. Por lo general, estos programas tienden a agrupar potentes funcionalidades gráficas, proceso de texto y un arsenal de utilidades y aplicaciones diversas. Alrededor, se ha generado un mundo de libros impresos complementados por variadas aplicaciones y software especializado, libros electrónicos que funcionan con acceso directo al software, aplicativos disponibles gratuitamente en Internet, bibliotecas virtuales, grupos de usuarios, etcétera.

Otro hecho también constatado, desde tanto tiempo atrás que hasta forma parte del folclore, es que las “mates” son la bestia negra de muchísimos estudiantes y claro objeto de sus odios, generación tras generación. Esta situación representa un cierto fracaso del sistema educativo, porque las matemáticas son mucho más que el lenguaje abstracto de la ciencia, son **una de las pocas herramientas básicas de estructuración de la mente.**

Es sabido que los lenguajes se aprenden y se interiorizan sólo contextualizados en una experiencia. Tradicionalmente, las dimensiones de la experiencia -en términos lingüísticos, la semántica y la pragmática- están prácticamente ausentes en la enseñanza de las matemáticas o se disocian en tiempo y lugar hacia otras asignaturas, y por eso en la mente de la mayoría de los estudiantes se desmorona una y otra vez sin remedio el edificio en construcción de las matemáticas. La razón histórica última de tal fenómeno reside en la inexistencia de un instrumento adecuado para crear la experiencia en el momento oportuno. La versión emergente de dicho instrumento, el eslabón que faltaba, es el software matemático para pecés: con él, el estudiante escribe una fórmula, la ejecuta e inmediatamente visualiza el modelo de realidad que representa. Como este columnista escribiera en otra ocasión: “Antes, la imagen y el número pertenecían a dos ámbitos distintos e incommunicados. Ahora, podemos pensar y actuar a la vez y con la velocidad de un rayo interactivo sobre la forma y la fórmula”.

Pero queda la tarea de **desmontar y sustituir toda una tradición cultural** de metodología y planificación de la enseñanza de las matemáticas y de las disciplinas que hacen uso de ellas.

La máquina interpuesta

En la revista El Jueves se cuenta que un joven sin domicilio ha pasado un escáner por su cuerpo, digitalizándolo y transformándolo en un archivo. Este okupa virtual vive ahora desmaterializado en Internet, cuando tiene hambre acude a las páginas web de supermercados, cuando quiere estudiar visita las páginas de las universidades y si necesita sexo, las páginas eróticas. Probablemente a pocos les asombrará este suceso, porque de nuestra mentalidad casi **ha desaparecido todo resquicio de duda acerca de los prodigios de la tecnología.**

Cualquier aficionado a la música podría haber hecho en los primeros meses de 1998 algo impensable hasta ahora: colaborar interactivamente con la Fura dels Baus en la composición de la banda sonora de su espectáculo Fausto 3.0, simplemente descargando en su pecé un programa informático colocado en Internet "para esculpir el sonido en tiempo real".

También en el terreno de la educación la tecnología nos hará libres. Tal es el mensaje transmitido por la mayoría de los informes, noticias y comentarios. Así: "Un proyecto interdisciplinar de la Acadia University, sobre la Web, permite a los estudiantes convertirse en participantes activos en su propio proceso de aprendizaje". "La educación, seguramente la mayor industria de información del mundo -escribe otro- tiene que adaptarse a un nuevo enfoque de distribución de servicios a través de universidades virtuales, administrados por tecnología de comercio electrónico". Y quien lo escribe da por seguro que se adaptará. Por su parte, un alto responsable del Ministerio de Educación español ha declarado que hay una necesidad absoluta de cablear todas las escuelas antes del 2000.

Ahora bien, una cosa es la temperatura que nos notifica el servicio meteorológico y otra muy distinta la sensación térmica, que es lo que experimenta nuestro cuerpo cuando sale a la calle. Y en la calle hace tiempo desapacible. Frente a la tecnología-como-prodigio, la cruda realidad es que en los ríos británicos los escarchos machos cambian de sexo por la acción de los estrógenos presentes en los desechos fecales y en los colegios y universidades del mundo económicamente desarrollado se extiende una "sensación térmica" de **fracaso y apatía escolar**. Un reciente seminario internacional abogaba por un **replanteamiento radical de la universidad**, tanto de sus objetivos como de su propia estructura de funcionamiento.

Sería prudente no confundir el profundo potencial de transformación de los procesos educativos, esperable a largo plazo de la herramienta tecnológica, con sus posibilidades inmediatas. De esta forma eludiríamos el razonamiento mágico, en el que muchos ya están cayendo, de pretender

resolver los problemas fundamentales de la educación siguiendo la vía **del okupa virtual**.

Este columnista aguafiestas sugiere también evaluar con ojos críticos el difundido argumento de la **tecnología-como-herramienta-capacitadora** ("enabler", en la jerga), falaz donde los haya si enmascara su vertiente inhibidora. De esta última faceta quería yo tratar aquí, y si no lo hago presentando un memorial detallado de mis cuitas montando experiencias educativas con Internet y otras tecnologías es porque se supone que ésta es una columna de pensamiento y su misión consiste en elevar la anécdota a categoría, no en adentrarse en pormenores técnicos.

Recordemos que en anterior columna propuse concebir la tecnología como nuestra interfaz con el mundo y el instrumento con el que lo manejamos, o manejaremos. Hoy, dentro de esa cualidad general de máquina intermediaria (capacitadora) categorizaré su **faceta inevitable** (e incorriente) **de máquina interpuesta**, como cabe denominarla por ese cúmulo apenas oculto de barreras que todavía erige a nuestro paso la tecnología actual y que es parte de un precio que hay que pagar, la llave que abre la puerta de Sangri-La.

Se sabe, por ejemplo, que todos los tipos de instrumental para la teleeducación congelan, bloquean o eliminan las señales mutuas de comunicación no verbal entre el profesor y su audiencia, consideradas hasta el momento casi imprescindibles en el acto educativo. Así que, desde este punto de vista, la tecnología, que nos permite llegar a cualquier alumno en cualquier momento y lugar, nos plantea el desafío urgente de descubrir cómo meter en su frialdad maquinal **los canales emocionales** que tanto ha necesitado el ser humano hasta el siglo XXI.

A esta barrera esencial hay que añadir el que por si ya fuera pequeña la dificultad de diseñar, programar e implementar cualquier acto educativo con las tecnologías directamente sensoriales del libro, la pizarra y el retroproyector, ahora al educador (o como demos en llamarlo), además de tener que renovar sus lenguajes, se le suman nuevas tareas y responsabilidades. Verbigracia, prever -y acaso diseñar- todos los eslabones del instrumental tecnológico -heterogéneo, complejo y volátil- que lo unen/separan de todos y cada uno de sus educandos (alumnos, clientes, suscriptores, o como se llamen), porque **cada usuario o grupo tendrá su máquina digital, específica y ¡diferente!**

Pistol Star

Para pensar hace falta estar en contacto con la realidad. Este comentario lo hizo el premio Nobel de Física profesor De Gennes, convencido de la necesidad educacional de potenciar las habilidades manuales y no sólo las habilidades del pensamiento abstracto. Es una idea sugestiva, pero superficial, porque **nuestras relaciones con la realidad se han hecho altamente ambiguas**, hasta el punto de que, hoy, sortear los espejismos interactivos de la información y mantenerse con los pies en la tierra (?) se está convirtiendo en un arte.

La realidad, como resultante de nuestra percepción sensorial y de la memoria, prácticamente ha dejado ya de existir. O, más exactamente, no tiene la exclusiva, dadas nuestras ansias de conocimiento y de poder. Hoy, son el software y la maquinaria técnica los instrumentos con los que, según los casos, emulamos, simulamos, suplantamos; hacemos emerger o diseñamos la realidad, lo cual es lógico si damos en entender -aunque no lo percibamos- que toda la materia del universo, incluido el cuerpo humano, está formada en más de un 99% por quarks y gluones (partículas que unen los quarks), y el resto son electrones.

Pistol Star y el prión podrían servir como elementos metafóricos de reflexión para **reformular algunos de los requisitos educativos e intelectuales** de esta época. Pistol Star es una estrella supuestamente nacida hace tres millones de años, que sólo se ve con el telescopio espacial Hubble tal como era hace 25.000 años-luz y cuya anunciada condición "estelar" de mayor luminaria de la Vía Láctea depende de complejas simulaciones con ordenador. Por su parte, el prión es una proteína infecciosa sin estructura genética -ni siquiera llega a virus o bacteria- que supuestamente (muchos científicos no lo consideran probado) se introduce en la neurona, la destruye y produce agujeros en el cerebro.

En un primer momento, la que sí produciría acaso un agujero (moral) en el cerebro, si no hubiéramos leído previamente los anteriores párrafos, es la siguiente frase de Attali: "Hay que saber que la información no existe, no es más que un desvío teórico para comprender lo real". Si lo real fuera sólo lo material perceptible -podríamos contrargumentar- la reflexión del Sr. Attali se sostendría. Pero mucho nos tememos que **la noción de realidad**, extendida ya en un abanico de variantes hasta llegar al extremo paradójico de lo puramente informativo (y sin embargo sensorial) de la que llaman "realidad virtual", **se ha desmaterializado progresivamente** o tal vez se haya disuelto en una sinfonía de planos virtuales. Si no, que

se lo pregunten a los planificadores económicos, a los pilotos de aviones, a los ingenieros, a los científicos, a los ciberartistas y a tantos otros, incluyendo a los niños que juegan o han jugado con SimLife.

La modelación informática de la realidad compleja ha creado un espacio cada día más relevante para la **tercera vía del método científico**, un enfoque intermedio entre el procedimiento teórico y el experimental. Ahí nace la **ciencia computacional** (denominación acuñada por Ken Wilson, otro premio Nobel) o, mejor, las ciencias y disciplinas computacionales, por ejemplo, la matemática computacional, la química computacional, la física computacional, la biología computacional, la medicina computacional.

Todas trabajan con **maquetas abstractas**, que son modelos matemáticos o informacionales: no con moléculas, sino con modelos de moléculas, no con la economía regional, sino con un montón de matrices, no con un operador humano, sino con un modelo de coordinación visuomotora, no con Pistol Star, sino con unas señales del Hubble y unas ecuaciones computadas. El laboratorio, el centro de "experimentación", es el ordenador. Vivimos en el tiempo paradójico de la virtualidad real.

Desde hace cuatro o cinco años, varias universidades americanas han abierto cursos de postgrado interdepartamentales en ciencia computacional, aunque sería preciso reconocer que mucho de esta tercera vía estaba ya implantado en varios campos de la ingeniería, a través de las técnicas del análisis y la simulación de sistemas. A semejanza del software matemático, simuladores de sistemas y de procesos, de clases, tamaños y precios variados, se encuentran en los catálogos comerciales y aportan también inigualables posibilidades educativas.

¿Hay que llevar esta metodología a la universidad? Afirmativo, porque a la tendencia imparable del conocimiento y del quehacer humanos hacia una profundización en las dimensiones más abstractas y cognitivas de la realidad respondemos de oficio con un know-how pragmático, falto de aliento teórico. Para aprovechar las incommensurables ventajas del ordenador se necesitaría desarrollar previamente una cierta **disciplina intelectual de la modelación**. De otro modo, desconociendo los límites, la tipología y la significación de los modelos, corremos el riesgo de ser atrapados por ellos y acabamos por creer que representan, no algunos de los planos de la realidad compleja, sino toda la realidad.

La duración creadora

Siempre me han interesado las ideas científicas y filosóficas sobre el tiempo. Por eso, cuando en junio de 1998 recibimos, mi compañero coautor y yo, una carta de la Editorial Anaya Multimedia comunicándonos que iba a “proceder a la destrucción de las existencias de nuestro libro Fundamentos de Informática, porque sus ventas han caído extraordinariamente”, me acordé del filósofo francés **Bergson** y su concepto de duración creadora.

Dentro de **la lógica económica** todas las partes buscan egoístamente su beneficio. En el caso del citado libro, el editor decide unilateralmente ajustar sus stocks destruyendo 1500 ejemplares, ya que sus potenciales consumidores, estudiantes universitarios, en lugar de comprarlo por 4500 pts., lo fotocopian y encuadernan por 1000. También el autor de un libro actúa de forma egoísta, persiguiendo objetivos personales, por lo que si además quiere dinero, lo aconsejable es que intente nuevos derroteros, más acordes con las leyes del mercado y de la tecnología.

Probablemente, en esta época de economía de alto rendimiento y alta tecnología, que prefigura futuras sociedades humanas funcionando en tiempo real, el tiempo y los recursos necesarios para el esfuerzo creativo corren peligro. Lo que rige para el libro parece asimismo regir para el software en general, para el software educativo y para los servicios educativos electrónicos.

Confieso que tengo pocas dudas de que sucesivos internets, webs y sistemas digitales de comunicaciones acabarán siendo un medio fundamental para la educación en el siglo XXI, pero mi exploración de la actual Web, en su vertiente específica de soporte de sistemas interactivos de autoinstrucción universitaria, me demuestra que aún estamos en su prehistoria. Valiéndome de los ojos de un ingeniero que hace conmigo su tesis doctoral, he visitado miles de páginas en decenas de cursos vía web y analizado unas cuantas herramientas. El profesor Alfred Bork, en un artículo publicado en junio de este año en la revista Computer, ha escrito que lo que se ve en Internet se asemeja a libros tradicionales mal diseñados, adornados con algunas funcionalidades de hipertexto.

Ahora todo el mundo quiere o está obligado a poner **con prisas** cursos en Internet. Y, lo que es peor, los pone. Evaluados con benevolencia, el nivel promedio de lo hecho no pasa de ser un complemento a los cursos tradicionales, útil para la distribución rápida y económica de documentos de estudio, información administrativa, interacción por correo electrónico, listas de discusión y algo de “chat”. Se requieren pró-

gresos en varias direcciones: a) Construir potentes **entornos integrados de creación y gestión de sistemas educativos** vía web; b) Concebir la tarea de creación y gestión de tales sistemas educativos a distancia como una labor coral de **equipos ampliamente multidisciplinares**; c) Investigar cuáles son los **"lenguajes" idóneos** para implementar estas modalidades educativas. (El lenguaje cinematográfico ha tardado muchos años en formarse).

Por el momento, sólo inversiones públicas cuantiosas no lucrativas podrían soportar los "esfuerzos astronómicos necesarios para inventar nuevos estilos de interactividad propios de los medios informatizados, tal es **el dilema central del software educativo**" (Soloway). Para las empresas comerciales, el mercado educativo institucional -colegio, instituto, universidad-, no el familiar, es demasiado pequeño para tamañas inversiones. Lo explica de forma muy nítida el profesor Soloway en un reciente artículo titulado "Nadie gana dinero con el software educativo". Argumentando sobre títulos concretos en cd-rom, nos hace saber que sólo el coste de producción de un cd-rom de calidad oscila entre un cuarto y dos millones de dólares. El título de los Zoombines, cuyo propósito es potenciar las habilidades de razonamiento lógico infantil, comercializado por Broderbund a 29.95 dólares, se desarrolló básicamente con un programa multianual dotado por la National Science Foundation con varios millones de dólares.

Por lo demás, al cerrar el circuito comercial (?), puede que surjan algunas sorpresas, debidas al efecto combinado de la colosal capacidad reproductora de la tecnología y de la falta de autorregulación social. Reproducir un libro o una cinta de audio o de vídeo es muy barato, pero tan barato y más rápido es copiar contenidos de cd-roms que cuestan 19.500 pts. (una enciclopedia multimedia), 298.000 (una colección de jurisprudencia), 595.000 (un complejo programa de cálculo técnico profesional) o cualquier otra información almacenada en un servidor.

La **acción creadora** consiste en elaborar nuevas informaciones, estructuras originales, obras que organizan o reorganizan el mundo. Es tarea costosa, incierta. Exige **esfuerzo, riesgo, tiempo, duración**, como razonaba Bergson. En cambio, la reproducción, la duplicación, la copia, son siempre baratas y en el límite tecnológico son incluso instantáneas o de coste cero. Me temo que en este punto, el progreso tecnológico se usa como una fuerza opuesta a la duración creadora.

El sujeto educativo

Cuando los expertos debaten sus propuestas de modelos educativos y se empingorotan centrándolos en el Ser Humano, entendido según Sócrates, Rousseau, Kant et alii., hay para echarse a temblar: están hablando de un ser que fue pero ya no es. Hoy día existen bacterias pseudomonas capaces de degradar el petróleo, los elefantes del zoo de Moscú beben vodka en invierno y los niños de 11-12 años han entrado plenamente en la cultura del ordenador.

El ser humano -sujeto del acto educativo- cambia mucho su manera de ser y de estar en el mundo durante su evolución histórica y cultural. En particular, cambia su **vía principal de acceso al conocimiento, los sentidos**. Hubo un tiempo en que los sentidos eran su arma principal para la supervivencia. Con el progreso y la tecnología fueron perdiendo o ganando fuerza, aunque también especializándose por épocas y lugares. Mientras que en la lengua zulú el tacto acapara el 24% del vocabulario sensorial, en la lengua inglesa moderna la vista dispone del 49% de los términos sensoriales, el oído del 32%, el tacto del 8%, y olfato y gusto se reparten el 11% restante. ¿Cómo será esta estadística sólo dentro de 50 años?

La vida en la sociedad agraria dependía del oído, era una sociedad de palabras. En la sociedad industrial reinaba la vista activa, potenciada por una expansión masiva del texto impreso. La sociedad de la información multimediática tiende a crear una experiencia primordialmente audiovisual, de sonidos e imágenes, pasiva. Alguien ha calculado que un niño americano medio tele-verá, entre los tres y los dieciocho años, unos 500.000 anuncios comerciales, aunque sabe Dios los que habrá visto esa niña de 15 años, de Chicago, que llevaba toda su vida delante del televisor y nunca había ido al colegio.

Por tanto, nos resultaría cómodo deducir que el sujeto educativo del que hoy tenemos que ocuparnos tiende a ser un receptor audiovisual, pero ésa sería sólo una verdad estadística. La sociedad de la información es fluida, caleidoscópica, en ella **coexisten todas las sociedades y culturas anteriores**, a veces en formas que son (o parecen) nostálgicas o anecdóticas. Por ejemplo, ahora hay maratones de cuentacuentos, a los que acuden millares de personas, y locales para escuchar cuentos y comentarlos tomando una copa, en un espacio de proximidad física real, donde predominan la palabra hablada, los gestos y la expresión del rostro.

No podemos dejar el ordenador al margen de cualquier estudio de la sociedad de la información, de la que ya es factor determinante. El espacio cultural que haya podido crear el ordenador en su etapa de **ordena-**

dor alfanumérico, previa al actual multimediático, Umberto Eco lo asociaba con la **civilización de la imprenta, alfabética y secuencial**. El ordenador alfanumérico pertenece al pensamiento lógico y discursivo de la sociedad industrial, podríamos decir que es su último estadio. Desarrolla y especializa la vista en el territorio de las palabras escritas y de los números, todavía no en el de la imagen, al tiempo que culmina la obra, iniciada por el libro impreso, de atrofiar el uso del oído y de la memoria.

Pero el ordenador multimedia, la telaraña electrónica y la generalización de las técnicas digitales en lo audiovisual abren por fin la puerta a la sociedad de la información multimediática digital y prometen ser el instrumento capaz de sintetizar y potenciar en una experiencia unificada la pluralidad de características de acceso y de tratamiento de la información de todas las sociedades históricas: la palabra hablada, la palabra escrita, la lógica, la acción, las imágenes creadas y recibidas, la intercomunicación instantánea, la simulación interactiva, etc. **Un nuevo sujeto educativo, que no sabemos cómo es, está naciendo.**

Durante quince años, la profesora Sherry Turkle ha estado escrutando las relaciones de varias generaciones de niños y adolescentes con el ordenador, cómo construyen sus conceptos sobre la vida, sobre las máquinas y sobre ellos mismos, a partir de ciertos compujuegos y simuladores premultimediáticos, como SimLife o SimCity. SimLife es un laboratorio de biología, vivido por el niño como un juego virtual, en el que se responsabiliza de decidir cómo diseñar organismos para poblar de la mejor manera posible un ecosistema sujeto a ciertas condiciones evolutivas. Observando en la pantalla el efecto de sus decisiones y reaccionando para reconducir la situación, aprende de forma activa las leyes del equilibrio ecológico y las reglas de la biodiversidad.

Sin embargo, a los fines de esta columna, lo interesante es **la evolución generacional de la mentalidad del niño**. Cuando por los años 30 hizo Piaget sus investigaciones de psicología infantil, los niños consideraban objetos vivos a aquéllos que se movían autónomamente y componían sus teorías explicativas al respecto basándose en la Física. Los niños de los 80, nacidos en la cultura de los juguetes electrónicos "inteligentes", intentaban todavía comprenderlos en los términos de un sistema mecánico. Los de los 90 saben perfectamente que los computadores y sus programas no son objetos vivos, sólo son máquinas, pero explican su "vida" con verbos psicológicos tales como pensar, conocer o decidir.

EVV: La Escuela Virtual Vitalicia

Un reflejo de los cambios inducidos por la tecnología en la economía y la organización social es la enérgica revisión del **concepto de ciclo educativo**. Ahora, este ciclo empieza cuando sólo eres un embrión intrauterino y continúa por lo menos hasta tu cuarta o quinta edad. Es un primer paso hacia el concepto revolucionario de Escuela Virtual Vitalicia y muchos lo verán como un gran logro de la Humanidad.

Los esquemas tradicionales de planificación educativa son inútiles, porque ahora el sujeto educativo, no solamente ha cambiado en lo relativo a sus vías de acceso al conocimiento, sino que a lo largo de su larga vida tendrá ocasión de desdoblarse, según las circunstancias, al menos en **tres sujetos educativos distintos**. Quizá sería mejor decir “roles” o “personalidades”, en lugar de “sujetos”. El primer rol educativo se corresponde con su estatus evolucionado de “**homo supersapiens**”. Después, como “**homo oeconomicus**” desarrollará su papel dentro de las estructuras productivas y su inserción o revalorización en ellas dependerá de variadas categorías y fuentes de formación orientadas a tal fin. Y, por último, en tanto que “**homo otiosus**” (ser humano ocioso), una vez agotadas (?) las esencias de sus valores monetarios, podrá flotar en un campo infinito de posibilidades para ocuparse de sí mismo realizando actividades lúdicas y culturales.

En resumen, tendríamos que concebir el sujeto educativo como **Sujeto Educativo Perpetuo** (SEP), animado de tres “personalidades” básicas bien diferenciadas, por lo general **sucesivas** aunque a menudo **superpuestas**, y, en ocasiones, **contrapuestas**. Durante su primera fase vital, la sociedad lo conduce y protege, en la segunda le cobra la factura y en la tercera lo deja a su suerte (o albedrío). Sacudido periódicamente dicho sujeto por estos drásticos cambios de eje, la teoría prevé que pase toda su vida en la escuela, sólo que esta escuela en gran parte carecerá de paredes, pupitres y horarios, y será multiempresarial y tecnológica, es decir, virtual.

Un ejemplo práctico ayudará a concretar la idea. Imaginemos dos ciudadanos cualesquiera, Sempronio Rajatabla y Azucena Siempreviva. Como cachorros de supersapiens, se preparan concienzudamente para la vida y ambos estudiarán hasta graduarse -pongamos que como ingenieros superiores- a los 23-26 años, después se desempeñarán laboralmente hasta que, ya con cargos directivos y el piso pagado, serán prejubilados a los 50-54, momento a partir del que podrán hacer y estudiar lo que quieran hasta que sus cultivados espíritus abandonen definitivamente sus cuerpos, entre los 75 (él) y los 80 (ella). Sintetizando, estos SEPs, muy

particulares, aunque representativos, habrán desplegado los tres roles de su ciclo educativo vital en tres períodos consecutivos casi equidurables.

El primero de estos períodos es ya un clásico. Se subdivide formalmente en tres niveles: la **educación básica** (preescolar y primaria), la **educación secundaria**, que incluye la opción profesional (en este punto, el joven supersapiens cambia al rol educativo propio del h. oeconomicus), y la **educación superior**, generalmente universitaria.

Se dice que la educación básica proporciona un pasaporte para toda la vida. Es la etapa en la que se fraguan las actitudes y se adquieren los aprendizajes de base: leer, escribir, calcular y expresarse en la lengua propia. La educación secundaria es el tronco en el que se nutren y desde el que parten los posteriores recorridos educativos o laborales de los individuos. Por fin, en la educación superior, los sempronios y azucenas encontrarán, **fragmentado en miles de parcelas incomunicadas**, todo el conocimiento y los saberes prácticos que el ser humano ha ido acumulando a lo largo de su historia.

La UNESCO ha declarado que la principal finalidad de la educación es el **pleno desarrollo del ser humano**, lo que rebasa el orden económico e incorpora su dimensión ética, cultural y ecológica. Sobre estos fines estamos todos de acuerdo. Lo que sucede es que no sabemos cómo jugar nuestras bazas para alcanzarlos. **Son muchos los naipes de la discrepancia.** Desbordamiento incontrolable del número y diversidad de contenidos educativos. Presión de los sectores económicos para que el sistema educativo del supersapiens sea menos supersapiens y más oeconomicus. Concepciones contradictorias, por parte de planificadores educativos y políticos. Despertar temprano de profundas aspiraciones individuales, propias del h. otiosus. Presión de diversos sectores sociales contra el fracaso escolar y contra nuevas categorías de "analfabetismos". Convulsas estructuras empresariales y laborales. Presupuestos siempre insuficientes. Presión tecnológica de cambio sobre el conjunto de las estructuras sociales. Etcétera.

Sugerimos al lector que no deje pasar por alto la complejidad enorme de un sistema educativo que debería aceptar por principio el concepto de personalidad múltiple del sujeto, casi en la línea literariamente expresada por Hermann Hesse en *El Lobo Estepario*, siendo así que lo habitual es que este síndrome sea tratado por la psiquiatría como una patología.

Noodiversidad

Ultimamente, una palabra que usamos a todas horas es “**analfabetismo**”.

Originariamente, esta voz tenía un sentido claro: designaba la carencia educativa de la persona que no sabía leer ni escribir. Después, se le han ido añadiendo adjetivos sin parar. Entre las voces compuestas resultantes destaca la de “**analfabetismo funcional**”, que vi por primera vez utilizada en 1983, en un clamoroso informe sobre el fracaso escolar americano titulado “A Nation at Risk”, para calificar la cualidad de quien sabiendo leer y escribir, no comprende bien el sentido de lo que lee o escribe, y no es capaz de explicarse o de seguir unas instrucciones sencillas, tanto verbales como escritas.

El éxito masivo de los ordenadores personales en el decenio de los ochenta generó un nuevo analfabetismo, el “**analfabetismo informático**”, también conocido por analfabetismo numérico, o analfanumerismo. Después, ya levantada la veda, se han ido denunciando, entre otros, los siguientes analfabetismos: a) Técnico o científico; b) Emocional; c) Audiovisual; d) Económico; e) Deportivo; f) Ilustrado; g) Democrático.

Así, esta palabra-comodín está sirviendo, según los casos, para clasificar **carencias educativas**, para urdir críticas más o menos rigurosas, para reseñar algún fallo personal o social, para señalar a algún ente responsable o para reclamar una acción correctora. Sin negarle utilidad, habrá que convenir en que conceptualmente es un tanto negativa. En efecto, puestos todos los analfabetismos denunciados en fila, parecería que la Humanidad hace aguas por todas partes.

Y ni por asomo ocurre tal cosa, sino todo lo contrario. En España, durante los 33 años transcurridos desde 1964 a 1997 prácticamente **se ha duplicado el número de años de estudio** realizados por los trabajadores. Un millón y medio de españoles están hoy matriculados en la universidad. Y si son ciertos muchos de los fallos que se aprecian en cualquiera de los niveles educativos en nuestro país y a lo ancho del mundo, también lo son la multiplicación y diversificación exuberante de los conocimientos y la agobiante presión social demandando a los ciudadanos conocimientos especializados, destrezas emergentes y capacidad de cambio. Precisamente de ahí nacen los analfabetismos, como reflejo de las situaciones carenciales, relativas y a menudo coyunturales. Los produce el avance, no el retroceso cultural.

Previsión -decía el humorista Tono- es dejar un vaso lleno de agua en la mesilla de noche, por si tienes sed, y un vaso vacío, por si no tienes sed.

Sin ser tan surrealísticamente previsores, deberíamos tener preparada otra palabra, alternativa aunque emparentada con la de analfabetismo, pero más optimista y dinámica, para explicar la otra cara de la situación. Por ejemplo, **"noótopo"**. Sabemos que un biótopo es el territorio o espacio cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrollen ciertos seres vivos. El conjunto de los biótopos forman la biosfera y el conjunto de los organismos vivos es la biodiversidad. El noótopo es **territorio cultural, espacio de conocimientos**, de ideas, de vocabularios, de imágenes. No tiene límites físicos. **La noodiversidad -la riqueza cultural humana- crece geométricamente**, es verdad que no sin algunos problemas.

Cada uno de nosotros habita -tiene en su mente- varios noótopos y somos analfabetos en el resto de noótopos. ¿Y qué? Como sujetos educativos permanentes tenemos la oportunidad y los medios (cursillos, conferencias, másters, fascículos, revistas, libros, vídeos, internets, software, simuladores,...), unas veces movidos por la necesidad, otras por gusto, de asimilar, construir, ampliar, incluso coleccionar variados noótopos. Bricolaje, informática, gestión financiera, jardinería, mercados bursátiles, cocina, vinos, arqueología, arte, numismática, deportes, juegos, idiomas, aventuras, tai-chi, artes marciales, reflexoterapia podal, dietética, armas de fuego, salud, criminología, cine, aeróbics, aromaterapia, diseño gráfico, marketing, etc. Salvo los analfabetismos fundamentales, que dificultan la entrada a noótopos básicos, los demás son todos **potencialmente transitorios y superables**. (Pregunta clave: ¿cuáles son y en qué consisten los noótopos básicos?).

Un ejemplo, entre muchos posibles, para ilustrar: en los últimos tres años más de tres millones de españoles han comenzado a invertir en los mercados bursátiles. Lo reseñable a efectos educativos es que muchos de ellos han entrado sin dificultad en un nuevo noótopo, en el que se manejan muy sueltos, al menos funcionalmente, con palabras y nociones tales como: indicadores bursátiles, recortes, opas, opvs, órdenes por lo mejor, cierre, dividendos, derechos, charting, mercado de valores, comisiones de reembolso, custodias, splits, reducción de capital, cotización, nominal, fims, fiamms, crash, futuros, opciones, garantizados, chicharros, renta irregular, per, volatilidad, volumen, trading, pay-out, greenspan, moody's, etc.

Si, como uno piensa, esos dispositivos intelectuales que llamamos conceptos se denotan fundamentalmente con palabras, casi podrían medirse las dimensiones de cada noótopo por la **longitud y profundidad de su vocabulario** específico.

Analfabetismo técnico

Vivimos en el pasado, el futuro no existe, dice un popular aforismo. No es verdad, el futuro existe y está compuesto por el tejido incierto de sueños y proyectos personales, de programas y tendencias sociales. Revista IEEE Spectrum, abril 1998: "Hoy, aproximadamente la mitad de todos los trabajadores tienen que usar ordenadores. Más de la mitad de los nuevos puestos de trabajo requiere alguna **alfabetización técnica ("technical literacy")**. Para el 2000, alrededor del 60% de los nuevos puestos necesitarán capacidades personales que actualmente sólo posee el 22% de los bachilleres". (...) "Incluso los puestos de trabajo de menor nivel reclamarán ciertas capacidades en matemáticas y ciencias" (en adelante, **MyC**).

En los Estados Unidos llaman alfabetización técnica a la capacidad para aplicar conocimientos de MyC a la solución de un problema físico o a la realización de nuevos productos. Cuando en el año 1957, la URSS colocó en órbita el primer satélite espacial, el orgullo americano, humillado, emitió el siguiente diagnóstico: el ciclo escolar completo (desde primaria hasta el fin del bachillerato) de los Estados Unidos producía analfabetos técnicos.

Desde entonces, EEUU ha asignado -sin éxito- enormes recursos a luchar contra este problema, vinculándolo, no ya a la investigación científica, sino a la marcha general de su economía. En 1990, el presidente Bush elaboró un programa de objetivos educativos nacionales titulado "**Goals 2000: Educate America**". Uno de tales objetivos era que los estudiantes americanos ocuparan en el año 2000 el primer puesto mundial en MyC.

En febrero de 1998 se han publicado los resultados del tercer estudio internacional en MyC (Timss), que se desarrolló desde 1991 a 1995 con la participación de medio millón de estudiantes de varias decenas de países, y entre ellos 33.000 estudiantes americanos de 500 colegios públicos y privados. Los americanos vuelven a quedar en el pelotón de cola, sólo por delante de Chipre y Sudáfrica.

Por los esfuerzos y argumentos utilizados, parecería como si el nervio de la economía americana dependiera de la victoria en esta lucha, lo que suena a paradójico, ya que este país es el mejor ejemplo de que la productividad económica no depende demasiado de la calidad de la enseñanza. En todo caso, la lección que extraemos es que **la vertiente educativa del homo oeconomicus se impone** en la práctica progresivamente a las del h. supersapiens y del h. otiosus. La empresa americana ayuda a la escuela pública con programas por un valor de 120.000

millones de pesetas (1996). Ya interviene en el diseño de currículos más ajustados a sus futuros corporativos, así como en la financiación, diseño e implementación de programas formativos orientados al trabajo en un determinado segmento tecnológico ("school-to-work").

La visión utilitaria de la educación se extiende sin barreras. El ser humano es visto unidimensionalmente como una pieza de la maquinaria productiva y como un consumidor. Primero, como un nómada laboral. Y después, tal vez sólo como un consumidor de paquetes educativos y de **edutenimiento**. Un chiste gráfico de El Roto en el diario El País lo expresa bien. Se muestra a dos individuos, sentados en mesas contiguas, cada uno afanado ante su ordenador, que, sin mirarse ni detener su tecleo, dialogan así: **¿Existirá una vida después del trabajo?** ¡Imposible, ya nos habríamos enterado!

Este columnista piensa que el empeño de los americanos en su campaña de alfabetización técnica sería encomiable si estuviera encauzada hacia otros fines más generosos que los estrictamente económicos. **Las MyC son noótopos básicos**, sirven para comprender la Naturaleza y la obra del ser humano, para excitar nuestra curiosidad, para estructurar nuestra mente y para darnos placer intelectual, no para convertirnos directamente, como ha dicho un escritor, en bárbaros llenos de saberes prácticos. (Noótopo: reserva activa de conocimiento).

Pero, con unos u otros fines, la batalla contra el analfabetismo técnico, así como el conjunto del sistema educativo mundial, tiene razones para fracasar, dado que pugna dentro de los planes de estudio por utilizar recursos escasos, demandados asimismo contra otros analfabetismos. Y el principal recurso es el tiempo y la voluntad del sujeto educativo permanente. Sumados los deseos de todas las fuerzas sociales, incluidas empresas, instituciones religiosas, gobiernos autonómicos y asociaciones de padres, queremos que nuestros jóvenes sepan MyC, que dominen la lengua propia y otras dos más, que sean consumados ofimáticos, que lean a los clásicos y sean solventes en Humanidades, que naveguen por Internet, que obtengan un buen empleo, que sean sanos, equilibrados, sensibles y deportistas, que se diviertan y sean felices. Lo queremos todo, así que **¡pidamos lo imposible!**

Puede que estemos interpretando erróneamente las señales del futuro. El futuro es quizá sobre todo noodiversidad, opciones, noótopos y aspiraciones múltiples. Complejidad. Sin duda, algo más que Economía.

Nº 421, 4 febrero 1999

Amígdala training

Siempre se ha tratado el asunto de la educación como si la mente humana fuera sólo neocórtex, y no un conglomerado de glándulas, circuitos electrobioquímicos, cristales de magnetita (Fe_3O_4) y glucocorticoides, y ahora resulta que, dado el peso creciente del entorno social sobre los individuos, dicho conglomerado está pasando a un primer plano.

Hace poco se ha demostrado que **el estrés altera la memoria**. Así puedo explicarme por fin una experiencia personal que viví un sábado de 1994 cuando Hacienda me comunicó que tenía 15 días para pagar un montón desorbitado de pesetas, por transmisiones patrimoniales. El impacto epistolar me paralizó en el sillón durante una media hora y todavía, un par de horas después, al salir del súper con el carro repleto, me vi angustiosamente incapaz de recordar la planta, la zona y menos aún la plaza donde había aparcado mi coche. Ahora sé que las neuronas de mi hipocampo debían estar hasta arriba de glucocorticoides. Lo han demostrado unos científicos de Irvine (California) aplicando descargas eléctricas a unas cuantas ratas.

Sería exagerado afirmar que el ser humano actual se ve continuamente sometido a descargas eléctricas, hablando en metáfora. De tanto en tanto experimenta emociones positivas, tales como esperanza, alegría, amor, placer o satisfacción, que mejoran su capacidad de pensar, su memoria, su atención, su rendimiento. Pero lo cierto es que **el estrés negativo se ha generalizado**, en los estudios, en la empresa, en el hogar, y también lo han hecho sentimientos como el miedo, la ansiedad, la inseguridad, la depresión, la frustración o el aislamiento. ¿Causas?: el consumismo, el hiperproductivismo, el nomadismo laboral, la competencia feroz por conseguir o conservar un puesto de trabajo, la “elección” de estudios te gusten o no, la presión por aumentar o actualizar los conocimientos útiles, el deterioro de las relaciones humanas, el tiempo dilapidado en los atascos, etc. El ser humano no es una rata, aunque hay veces en las que por el trato que recibe sería difícil aseverarlo.

El miedo, por ejemplo, es el sentimiento que acompaña habitualmente a la percepción de una amenaza. **Una estructura neuronal del tamaño de una almendra, la amígdala**, se ocupa de valorar la amenaza y organizar la respuesta, enviando señales urgentes “a cada uno de los centros fundamentales del cerebro, disparando la secreción de las hormonas corporales que predisponen a la lucha o a la huida, activando los centros del movimiento y estimulando el sistema cardiovascular, los músculos y las visceras”.

Cualquier otra situación que afronte el ser humano genera respuestas específicas por medio de mecanismos fisicoquímicos complejos en los que siempre intervienen de forma esencial **estructuras del sistema límbico** (hoy, cerebro emocional), tales como la amígdala, el hipocampo, el tálamo y el hipotálamo, pertenecientes **a estadios desarrollados del cerebro de los mamíferos**. En síntesis, las respuestas emocionales son elaboradas por el lóbulo prefrontal del neocórtex, en cooperación con el sistema límbico, y en primera instancia, con la amígdala. El resultado funcional de tal cooperación es la **inteligencia emocional**.

Se admite cada día más, porque ya es materialmente visible gracias a las tecnologías de imágenes intracerebrales, el papel de las emociones y del sistema límbico en el aprendizaje, en las relaciones inter e intra-personales y en la toma de decisiones. Hay que rendirse a lo que antaño era intuitivo y ahora es evidente: **La razón es guiada o controlada por los sentimientos. El cerebro es cognitivo y emocional**; moderno y antiguo; único y diverso. Los factores que prefiguran el éxito en la vida y en el trabajo son, tanto o más que el cociente intelectual, las siguientes capacidades de la inteligencia emocional: a) el conocimiento de las propias emociones; b) la capacidad de controlar las emociones; c) la capacidad de automotivarse; d) el reconocimiento de las emociones ajenas; e) el control de las relaciones (D. Goleman).

No parece que se pueda rechazar seriamente el argumento de que, dado que nuestro ser humano actual vive y tiene que adaptarse a un entorno hipercambiante, debe preocuparse de forma principal por mejorar el manejo de sus mecanismos personales de respuesta, o sea, de entrenar las habilidades y hábitos de su inteligencia emocional. Aprender a ser; aprender a convivir (UNESCO).

Durante el pasado curso, a mis alumnos de cuarto de Teleco les conté unas cuantas nociones de éstas, bajo el epígrafe de Factores Humanos en los Proyectos de Desarrollo de Software. Quedaron encantados, así que en este curso pienso repetir la experiencia con los nuevos. Pero como mis reflexiones avanzan, a éstos les hablaré también de mosquitos y de mamíferos mutantes.

Cierta especie de mosquito, conocida por alimentarse sólo de sangre de pájaros, ha experimentado una importante mutación, debido a su estancia en el metro londinense. Ahora come sangre de mamíferos del suburbano. Mi hipótesis es que el ser humano, en tanto que deviene en Sujeto Educativo Permanente, puede estar convirtiéndose en **Mamífero Multimutante Multinootópico**.

Gestión del conocimiento

Nos dijeron que entrábamos en la sociedad del conocimiento. Ahora ya sabemos que se referían, no al conocimiento en su expresión amplia, sino al **conocimiento-como-mercancía**. La terminología al uso lo prueba: “capital intelectual”.

Repasando un libro que traduje hace veintidos años, leo que ya entonces entre los factores de producción de la empresa contaban las informaciones: “es el saber-hacer (know-how), las patentes, las licencias; todos ellos son bienes inmateriales derivados de la experiencia de los miembros de la empresa y de un saber previamente acumulado”. Del resto del capítulo un lector reflexivo podía deducir que la empresa compraba o alquilaba las informaciones en dos mercados distintos, el mercado de la innovación, alimentado por una misteriosa “**reserva de saber**”, y el mercado del trabajo, constituido a partir del reservorio de población. En resumen, que el tradicional factor de producción denominado “trabajo” englobaba al otro factor de producción llamado “informaciones”, habida cuenta de que el trabajo lo realizan los humanos sirviéndose a tal efecto de un paquete de informaciones almacenado en sus cabezas.

No sabemos bien si el tiempo pone las cosas en su sitio o simplemente las mueve de acá para allá, renombrándolas, pero lo cierto es que hoy oficialmente –y a un minuto de convertirse en ideología– se “leen” como sigue: **la economía moderna gira alrededor del conocimiento**, que es el nombre actual del paquete de informaciones cada día más voluminoso y perecedero que han de albergar las cabezas de los trabajadores del conocimiento, que son quienes hacen el trabajo de las empresas, que son –o deberían ser– organizaciones basadas en el conocimiento y operadas por tecnologías –la tecnología también es conocimiento–, resultando de todo ello que el conocimiento es el activo básico de las empresas. Estas son incitadas desde todos los medios creadores de opinión a concentrarse en la que **se enuncia como tarea esencial**: gestionar conocimiento.

Uno de los numerosos seminarios que ofrece formarte en dicha tarea promete en su convocatoria responder a preguntas trascendentales: ¿Cómo es posible identificar, medir, gestionar y transmitir el conocimiento en su organización?; ¿Cuáles son las herramientas y los sistemas de información para la aplicación y soporte de la Gestión del Conocimiento? A este columnista y profesor le habría gustado recibir con unción y en directo tales respuestas, pero los 1.255 euros del tique de entrada (IVA incluido) se lo impidieron.

Casi todas mis dudas parten del hecho patente de **la indefinibilidad e intangibilidad** de ese ente que temerariamente llamamos “conocimien-

to". ¿Puede medirse y gestionarse algo así? El pensamiento científico puro diría que no, pero recordemos que la anestesia moderna la inventó empíricamente un sacamuelas americano 150 años atrás y aún hoy, en que se aplica diariamente millones de veces, se ignoran en gran parte sus mecanismos básicos de acción. Más chulo que nadie, contradiciendo las bases del empirismo y, de paso, alguno de los postulados de la nueva economía, el primer ejecutivo del superbanco español BSCH ha dicho recientemente que "lo que no es medible no existe".

Por prudencia, en esto del conocimiento tal vez deberíamos actuar como si estuviéramos en los tiempos primeros de la anestesia: usarlo, pero sin dar crédito a fórmulas, no ya infalibles, sino ni tan siquiera estándares. La labor inexcusable de la alta dirección de la empresa –con o sin cko (chief knowledge officer)- consiste en **"mojarse"** definiendo lo que le conviene entender específicamente por el recurso "conocimiento en su organización", aunque no sea muy científicamente medible, bien sea cualificaciones del personal, bien métodos de análisis, técnicas de ingeniería, sistemas, diseños, informaciones del mercado, software, soluciones, procesos, es decir, cualquier combinación de colecciones de información estructurada, de tecnología y de vías de transferencia interpersonales, que pudieran conducir a potenciar sus actividades productivas.

Esta decisión/definición es estratégica, siempre que se integre convenientemente en un modelo realista de gestión de la empresa. **El conocimiento por sí mismo no produce nada.** En su estado de latencia no suele ser, con la salvedad del software, más que equipamiento técnico y agrupaciones inertes de informaciones, que evidentemente pueden organizarse, almacenarse, localizarse, procesarse y moverse con gran eficacia gracias a nuevas herramientas tecnológicas, y aún así seguirán sin producir nada. **Sólo la gestión hace efectivo el conocimiento y a las personas con conocimiento** (Drucker).

La clave última puede formularse en forma recursiva, casi como un trabalenguas: todas las informaciones que llamamos conocimiento sólo son conocimiento o generan nuevo conocimiento cuando son procesadas por seres humanos con la actitud y el conocimiento (formación) precisos. Por ejemplo, ni un contable, ni un albañil ni un ingeniero comprenden las instrucciones para realizar un experimento con el gusano *Caenorhabditis Elegans*. Un genetista, sí. O, lo que es lo mismo, la rana se transforma en príncipe sólo si la besa la princesa.

Bibliotecas digitales

En nuestro peregrinar conceptual hemos cosechado ciertas conclusiones de filosofía práctica. Recordemos aquéllas que nos ayudarán a continuar nuestras reflexiones: a) El ser humano propende a convertirse en mamífero multmutante multinootópico; b) a tal fin se ve empujado a adquirir sucesiva y transitoriamente noótopos útiles, elegidos entre cuantos contengan conocimiento con valor económico, raramente compaginable por cierto con el conocimiento como placer, como superación o como cultura; verbigracia, podrá licenciarse en arqueología medieval, pero deberá ganarse la vida como programador del problema del año 2000 o como administrativo ofimático en una empresa de seguros; y c) por consiguiente, tiene que asumir un nuevo rol, el de **gestor** (y vendedor) **de sus propios recursos de conocimiento**.

Pero toda gestión implica gastar tiempo, dinero y esfuerzo. Y espacio, ocasionalmente. Quizás, cambiar hábitos personales muy hondos. Tomar decisiones, en una palabra. Lo cual sin duda le llevará a planteamientos casi de reingeniería mental, como me está ocurriendo a mí con respecto a mi decisión inconclusa de pasarme a las **ediciones digitales de ciertas revistas profesionales**, indispensables para mi formación. Las de papel ocupan ya muchos anaqueles, distribuidos entre mi domicilio, mi despacho en la universidad y una biblioteca de departamento. Ahora no sé dónde meterlas.

En estas circunstancias, parece inexplicable que pueda resistirme a las ofertas que recibo. Expondré una de las que barajo. La Computer Society del I.E.E.E. ofrece a sus miembros por 99 dólares una suscripción anual a su biblioteca digital, compuesta por 17 revistas de distinta periodicidad (un volumen de 50.000 páginas, ya que además son accesibles todos los ejemplares desde 1995), mientras que las dos revistas en versión papel a las que actualmente estoy suscrito, y que componen un subconjunto de la oferta electrónica, me cuestan \$129. La funcionalidad digital consiste en búsquedas por claves; textos completos con ilustraciones, archivables e imprimibles; operación desde cualquiera de los navegadores de Internet. No se necesitan anaqueles, ni despacho, tan sólo un ordenador portátil y una línea telefónica. Mágicamente, las pilas de papel desaparecen, transmutadas en **pilas de gigabytes** medidas en remotos y desconocidos servidores. A efectos utilitarios, viajan "dentro" de tu maletín, en una suerte de agujero negro, que no ocupa espacio, ni pesa, ni se ve.

Toda una corriente de pensamiento se conjura para "abducirnos" hacia las suscripciones electrónicas, como un caso particular de la **economía digital**. El más significado abductor intelectual ha sido Negroponte con su

metáfora de los átomos y los bits, pero ahí está también Brian Arthur y su noción de la nueva economía: “al menos en Estados Unidos y en Europa estamos en un profundo proceso de digitalización de la economía, que cambia todo profundamente”, ha dicho. Muy semejante es lo que leo en las páginas web de novedades editoriales del Instituto Tecnológico de Massachusetts, a propósito del libro titulado “El mundo ingrávito: estrategias para gestionar la economía global”. El resumen de este libro se pregunta cómo cambiarán nuestras profesiones, negocios y gobiernos en un mundo en el que los bytes son la moneda principal y **los bienes** que dan forma a nuestras vidas literalmente **no tienen peso**.

Como si quisieran confirmar tales teorías, los especialistas reunidos en Davos (Suiza) acaban de decirnos que la economía mundial depende de la burbuja de Wall Street. ¿Podríamos imaginar algo más ingrávito que una burbuja? Veamos un interesante ejemplo ilustrativo: dentro de esa burbuja, un buen portal en la Web, -que en definitiva no es sino un montón bien organizado de bits- vale ahora miles de millones (de dólares).

Ni siquiera por el lado de la literatura parecen dejarnos salida, a tenor de las conferencias que escribiera Italo Calvino en 1985 y que, de no ser por su fallecimiento, habría leído, con el título de “Seis propuestas para el próximo milenio”, en la Universidad de Harvard. La primera de ellas nos propone **mirar el mundo** con otra óptica, otra lógica, otros métodos de conocimiento y de verificación, **con imágenes de levedad, de ingravidez**, porque “como demuestran los científicos, el mundo, más que en sus aspectos visibles, está finalmente apoyado en entidades sutilísimas, como los mensajes del ADN, los impulsos de las neuronas, los quarks y los bits del software”. El software -escribe- manda, las máquinas de hierro siguen existiendo, pero obedecen a los bits sin peso.

Sin embargo, personalmente he acumulado bastantes argumentos acerca de la conveniencia de mirar y diseñar la realidad del mundo combinadamente con la óptica de lo digital (lo ingrávito, o invisible) y de lo material, más propio de nuestros sentidos y nuestra experiencia histórica. Así que, aún propenso a pasarme a las suscripciones digitales, seguiré deshojando la margarita un ratito más, mientras los servidores sigan “cayéndose” en momentos inoportunos, mientras las tarifas telefónicas no desciendan radicalmente, mientras que para acceder a los distintos servidores necesite un batallón de contraseñas inmemorables y mientras no aprenda a leer-estudiar sin subrayar y anotar sobre papel, o sea, sin imprimir a todas horas. No es trivial integrar un “agujero negro” de informaciones en nuestra vida.

Tecnología pro-Gutenberg

Resulta que los grandes simios, habitantes de ciertos bosques húmedos, comparten con nosotros un 98% de su ADN, son inteligentes, establecen lazos emocionales, pueden comunicarse por medio del lenguaje de los signos y poseen una personalidad propia. Con su 2% de ADN distintivo, el ser humano ha conseguido convertirse, poco más de 500 años después de la invención de la imprenta, y ya irresistiblemente impulsado por fotocopiadoras, pecés e inforpistas, en una insaciable **especie depredadora de bosques**.

En lo que atañe a escribir y leer, la Humanidad ha pasado del rollo al códice (conjunto unido de tablillas u hojas manuscritas), del códice al libro impreso y del libro al ordenador personal. Obsérvese que en este punto se produce una quiebra en la secuencia, porque con el ordenador retrocedemos al rollo –“scrolling”–, y como ni sabemos ni queremos leer en rollos tiramos rápidamente de impresora.

Durante siglos, nuestros ojos y nuestros cerebros se han ido amoldando al texto escrito sobre una hoja de papel más alta que ancha. Por eso, muchas publicaciones electrónicas, y entre ellas todas las científicas, se editan en **formatos listos para imprimir**. Enormes éxitos de venta de libros fabricados con papel extraído de los bosques, tales como el informe Starr sobre el asunto Clinton/purito/Lewinsky o las guías de viajes Rough, lo han sido precisamente por publicarse gratuitamente en Internet. La producción mundial de papel para imprimir y escribir se ha duplicado de 1982 a 1998 (The Economist).

De todo lo cual se induce que la tecnología del documento termina casi siempre en una hoja de papel o en un sucedáneo en pantalla de cristal líquido o similar, como ocurre **con el libro electrónico (“e-book”)** o con la tinta electrónica (“e-newspaper”). ¿Significa eso que el ser humano es un animal de costumbres, resistente irracional a los cambios? La pregunta es obligada para quienes pretendemos utilizar los multimedia o la Web de Internet como nuevos vehículos educativos, porque si la respuesta fuera afirmativa, a ver qué hacemos.

Los diseñadores de **lecto-implementos** –“reading appliances”– han contestado a la pregunta anterior con un sí-pero-no, lanzando al mercado sistemas que permiten al personal trabajar con documentos electrónicos como si fueran de papel. Uno de ellos es el libro electrónico, descargado imitador del libro impreso. Adopta su forma de códice, puede escribirse sobre él con lápiz interactivo y cabe en el maletín, entre los calcetines y las aspirinas. En realidad, es más bien un contenedor de por lo menos una decena de libros, o su equivalente en miles de páginas, recargables por

Internet, pesa alrededor de kilo o kilo y medio, posee autonomía energética de entre 10 y 20 horas y empieza costando unas 100.000 pesetas.

¿Quién podría augurar el éxito que espera a estos e-libros? Lo que está claro, sin embargo, es que quienes andan en la investigación y producción de ese negocio no se chupan el dedo, lo que quiere decir que con su tecnología intentan apoyarse astutamente en costumbres seculares –la cultura mundial se atesora en libros–, pero al tiempo reconocen la **superioridad ergonómica del documento de papel** frente al documento electrónico. Consecuentemente, se han esforzado en desmenuzar los complejos mecanismos humanos de lectura de libros, para simularlos en el software y en las interfaces del e-libro, potenciándolos con las asombrosas prestaciones de las tecnologías de la información.

La principal ventaja ergonómica del documento de papel es que **no necesita interfaz**: es manejable, ligero y de **alta resolución**. Hasta ahora, leer textos sobre papel era 30% más rápido que leerlos sobre pantalla, cuya resolución habitual es de aproximadamente la mitad de la que los expertos estiman como más conveniente, unos 150 pixels por pulgada. Los monitores de pecés, a semejanza del televisor, están previstos para mirar, no para leer, por lo que las manipulaciones de “scrolling”, de “zooming” (focalizar) y de “zapping” son más una servidumbre que una ventaja. Por último, **los registros sobre papel son más durables que los electrónicos**, de durabilidad tan incierta como corresponde a la vertiginosa caducidad tecnológica de dispositivos, formatos, soportes y sistemas.

Se vislumbran muchas aplicaciones interesantes para los e-libros, entre otras la de estudiar, porque implementan de forma notable las funciones de **anotar libremente a mano**, es decir, subrayar, anotar en los márgenes o en forma de libreta, y todo eso enriquecido por un cúmulo de ayudas para la lectura activa sobre uno o múltiples textos: actualizar contenidos, buscar, comparar, consultar diccionarios y bases de datos, etcétera.

Diríase que, en lugar de iniciarse una nueva cultura de registro y acceso al conocimiento, se refuerza la tradición Gutenberg gracias a la tecnología digital, con la que el sector editorial publica y comercializa sus productos moviendo los bits de aquí para allá, sólo que trasladándole al lector los costes de la impresión o de los nuevos implementos. Es cierto, pero hay más. La consultora Xplor International ha estimado que, entre 1995 y 2005, se duplicará el número de documentos impresos, sí, pero su proporción sobre el total de documentos generados caerá del 90% al 30%. Por algo será.

Coevolución

Boletín de noticias clase A. El infierno no es un lugar. Ni siquiera existe, es un estado del alma. Mientras esto decidía el Papa de Roma, el Consejo de Educación del Estado de Kansas (EE.UU) ha borrado de sus programas educativos la teoría de la evolución de Darwin. Otra certidumbre, o más bien una estimación de los científicos, es que el peso de todas las hormigas del mundo es aproximadamente igual al de todos los seres humanos. Y otros científicos, éstos del Centro Quimiosensorial Monell de Filadelfia, han demostrado que el olor de la axila de una mujer madura eleva el espíritu. (Comentario: algunas cosas van quedando claras, aunque nos desconcierten).

Boletín de noticias clase B. El pensador y profesor francés A. Finkielkraut ha declarado: "Enseñar consiste en tejer lazos entre los vivos y los desaparecidos, cultivarse es hacer sociedad con los muertos". (Prueba de que las ideas sobre educación son también cada día más "claras").

No recuerdo haber escrito en esta serie de columnas nada tan alegre como lo de Finkielkraut. Empecé la serie definiendo la educación como un proceso personal y social de adaptación a las realidades de cada momento, postura en la que cabe todo menos lo de los muertos. En perspectiva, me parece una definición llena de vitalidad, que además establece pautas para un programa de investigación muy amplio. De hecho, los contenidos de las columnas, aparentemente inconexos, son propuestas fragmentarias que intentan ilustrar siempre alguno de los términos que forman la definición. Por ejemplo, la Máquina Digital Total, un "inmenso tejido de redes", expresa la cualidad de un entorno artificial y rápidamente cambiante, que es una de las realidades más intensas.

Todos **los modelos educativos han caducado hace tiempo**, poco tienen que ver con las realidades de nuestro mundo convulso, exuberante, caótico, paradójico, abstracto, multidiferenciado y pasado de vueltas. Por doquier, el gigantesco sistema educativo se mueve ciego y torpe, creyéndose en un entorno que ya no existe. **No disponemos de recambios válidos**, porque desconocemos cómo es ese entorno que emerge vertiginosamente ante nuestros ojos sin que lo veamos. Necesitaríamos poner en marcha un observatorio mundial, compuesto por un millón de ojos sabios coordinados, para modelar coherentemente las nuevas realidades y el nuevo sujeto educativo.

Imaginaba inicialmente que mis columnas se concentrarían en soluciones técnicas vanguardistas a las necesidades educativas, pero enseguida supuse que observar la **honda huella de la tecnología sobre el ser humano** y sobre la sociedad era un camino a la larga más fructífero.

Reflexioné y, a riesgo de que se me secase el cerebro, como le ocurriera a Alonso Quijano con los de caballerías, consulté más de cien libros sabios para apreciar ese impacto sobre entidades básicas, tales como espacio, tiempo, número, causalidad, vida, memoria, inteligencia, trabajo, comunicación, salud, amor, intimidad, analfabetismo, biodiversidad, biomáquina, etcétera.

Dentro de unos años, la infotecnología permitirá que se registre y conserve cada momento de nuestra vida y, antes, la telepresencia nos hará ubicuos (BusinessWeek, ago. 1999), lo que, junto con la velocidad y la interactividad electrónicas, traerá, según P. Virilio, la desintegración de la comunidad de los presentes en beneficio de la de los ausentes, ¡más cercanos! y la pérdida del cuerpo propio. N. Bilbeny ha analizado el efecto revolucionario de la tecnología sobre la ética, al "cambiar el marco más profundo de percepciones, hábitos y creencias que nos servían hasta hoy para hablar de la moral".

Sin duda, **el ser humano se va adaptando**, con poca ayuda de los medios educativos formales. J. Bolter, profesor americano de Humanidades clásicas, elaboró el término de **hombre de Turing**, para designar al ser humano cuyo trabajo con los ordenadores es íntimo y prolongado, y lo estudió como un paso en el proceso de evolución cultural. Para Bolter, la inteligencia artificial, mejor llamada en su opinión inteligencia sintética, es un instrumento de interacción creativa entre el hombre y el ordenador.

Creo que quien mejor ha explicado la relación del ser humano con la tecnología es el biólogo Rosnay en su libro **"El hombre simbiótico"**, donde abarca el proceso de evolución dentro de un escenario de futuro. Argumenta, con muchos fundamentos y datos, que el hombre está ahora inmerso en un **proceso de coevolución con su entorno** animal, vegetal, ecológico en un sentido amplio, pero también con **las máquinas, los sistemas y las redes** que ha creado para sobrevivir o garantizar su crecimiento y desarrollo. Las herramientas, las máquinas, los objetos manufacturados que pueblan el entorno de los hombres, como una especie de tejido biológico exteriorizado o como prótesis que extienden la acción de sus sentidos o de sus cerebros, son parte integrante de nuestra evolución socioeconómica, e incluso cultural. Las máquinas para procesar la información se harán cada vez más inteligentes, pero los seres vivos van a estar sometidos a modificaciones biológicas profundas gracias a las biotecnologías. Página 59.

Ultimo parte de noticias clase B, 01/09/1999. Los directores de 40 colegios privados británicos demandarán al gobierno ante el Tribunal Europeo de Derechos Humanos por abolir el castigo corporal.

LECCIONES SOBRE
EL LADO OSCURO DE
LA INFOTECNOLOGÍA

El lado oscuro

He decidido dedicar los contenidos de esta segunda parte del libro al lado oscuro de la infotecnología, o sea, salvando las distancias, a su lado Mr. Hyde*.

En realidad, esto último ya lo venía haciendo de una manera esporádica, pero persistente y sintiéndome un tantito mal por ello, desde mucho tiempo atrás. Siempre que escribía algo con tal enfoque, me preguntaba si no irían a tomarme por el listillo que irrumpe con rollos pesimistas en medio del ambiente universal de bolsa alcista, alegría tecnológica y champán para todos.

En 1984 publiqué un largo artículo, que, vuelto a redactar y ampliado en 1991, dio por último en titularse “Los derechos humanos y la nueva frontera de la información”. Allí se describía un territorio social nuevo de innumerables posibilidades, pero sin leyes, y muy vulnerable debido al impacto de la tecnología. En general, este trabajo versaba sobre el reto de la cibernización de la sociedad y la necesidad de redefinir completamente el cuadro de los derechos humanos.

Repasando papeles, caigo en que el 1991 debió ser mi mejor año de “pesimismo”, porque entonces me mostré singularmente pródigo en esta clase de artículos y columnas. No recurriré a citar diversas columnas de la época para demostrarlo, me bastará con recordar otro artículo aún más extenso que el anteriormente citado, y que tuvo un eco considerable: “La sociedad informatizada: Apuntes para una patología de la técnica”. Aunque en él se presentaba una teoría de los circuitos humanos de información y se abogaba por una sociedad del conocimiento y del esfuerzo, lo que procede reseñar en este caso es que en dicho artículo se describían ciertas enfermedades sociales derivadas del exceso de tecnología y de información, entre otras, la “diarrea” informativa.

Es moda ahora hablar de algunas de aquellas enfermedades. Valga un botón como muestra. Los días 13 y 14 de septiembre de 1999, se celebrará (estoy escribiendo en agosto, antes de que se acabe el mundo el día 11, coincidiendo con el eclipse solar) en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo un encuentro, en el que intervendré como ponente, sobre “Aprendizaje, razón y tecnología: El naufragio del conocimiento en la sociedad hiperinformada”. Para mí, este tema es muy rico y recurrente.

(*) Más adelante, se verá que en el caso de la infotecnología al adjetivo “oscuro” le asociamos el doble sentido de “falta de luz” (real) y de “patológico” (figurado).

Así, en 1996, volví sobre él en una columna, titulada "La memoria", donde analizaba especulativamente el seguro impacto de las inforpistas sobre el desarrollo de la memoria biológica: "Si conectamos largamente nuestros cerebros con las superinforpistas, nos haremos una memoria confusa, inestable, formada por bits blandurrones y evanescentes", escribí.

Vulnerabilidad. Patología. Está claro que en los trabajos mencionados estos términos se referían a estados, procesos o estructuras de la sociedad atribuibles a la aplicación de la tecnología, no se referían a la tecnología propiamente dicha. ¿Es que la tecnología misma puede acaso estar también enferma, contraer enfermedades, ser vulnerable o decrépita? La respuesta es afirmativa, y nadie tiene dudas al respecto. Lo comprobamos cada día al abrir el periódico, ayer fue la aluminosis de grupos de viviendas, hoy una pieza del sistema de encendido de varios modelos de la marca F., mañana cualquier otra cosa. Pero la complejidad, la sutilidad, la capilaridad y el halo mágico de la tecnología de la información hacen de sus morbideces un dominio patológico especialmente grave y difícil.

Discontinuidad de la máquina digital

El conocido error de cálculo del famoso microprocesador P. de I. —un microprocesador es casi el arquetipo de máquina digital— me sirvió en la columna "El inconsciente colectivo", (1995), para resaltar el impacto moral de tal defecto sobre la creencia generalizada en la infalibilidad de la máquina digital (con minúsculas). Supongo que estaremos de acuerdo en que ésta fue una enfermedad de ese microcircuito, como lo eran también determinados fallos de seguridad en el navegador E. de M., llamados "agujeros Cuartango" por el apellido de su descubridor. Son enfermedades implantadas inintencionadamente por los técnicos en las fases de diseño o de construcción.

Muchas enfermedades pueden ser contagiadas o producidas intencionadamente infiltrando agentes externos, tales como virus y otras especies. De forma simbólica me referí a ellos dedicando en "5Cyberconf", (1996), una sección al concepto de "tecnoparásitos", denominación atribuible a Hobijn y Bröckmann: seres artificiales, simples, que vacían a otras máquinas, desbaratan sus circuitos, provocan cortes de corriente y las destruyen. Rosnay, que es biólogo, los llama infoparásitos.

Los daños provocados por estos defectos y agentes son variadísimos, y otro tanto ocurre con la multitud de errores de software y demás efectos achacables a la complejidad de la tecnología, por un lado, y al insuficiente control de calidad, por otro. Uno cree que entre todos ellos merecen relieve particular aquéllos que, por error en origen de los técnicos o por sabotaje, causan la discontinuidad del sistema social o de la aplicación concretos en el que, en su caso, esté integrada la tecnología. El proceso tecnológico entra en un estado de discontinuidad y se interrum-

pe, o deja de funcionar o de servir para lo que estaba previsto, o se rompe la membrana que protege la información, o cualquier otro fenómeno de su metabolismo físico-lógico, y con ello arrastra también a la aplicación soportada a un estado de discontinuidad o de descontrol.

Cuando ocurre alguna discontinuidad grave en algún sistema social importante, los medios de comunicación se ocupan del asunto de modo puntual, eso es todo. Los círculos tecnófobos organizados aprovechan la ocasión para recargar pilas y atizar el discurso irracional del miedo. Gracias a mi larga experiencia escrutando el lado oscuro de la tecnología, puedo afirmar, sin embargo que las patologías implicadas no han sido motivo de sistematización conceptual por parte de los circuitos académicos y profesionales del ramo. Ni siquiera han elaborado una mínima casuística. Es algo que siempre me ha parecido desconcertante.

Hace poco leí algo que me aportó luz a este respecto y que me ha conducido a elaborar una interpretación psicologista de las disciplinas académicas, curándome de paso de mi vergonzante complejo de pesimista.

Según parece, algunas ciencias sociales dan preferencia al lado positivo de sus objetos de estudio y otras, al lado negativo, con lo cual hacen imposible obtener un retrato fiel de la realidad. La Economía, por ejemplo, es una ciencia predominantemente positiva. Sus modelos de acción no suelen contabilizar el daño ecológico de la productividad industrial o los costes humanos de la flexibilización laboral, sino su impacto sobre la cotización bursátil. Por lo tanto, si uno quiere conocer el lado oscuro del desarrollo global prescrito por la Economía moderna, debe consultar ciertos apartados de la Sociología, o directamente leer libros como el de Eduardo Galeano, "Patatas arriba: La escuela del mundo al revés".

La Tecnología, un discurso de pautas optimistas

A la Psicología le pasa lo contrario, si hacemos caso al profesor Martin Seligman, de Filadelfia, quien dice que "al seguir el modelo de enfermedad, la psicología moderna ha estado preocupada, consecuentemente, por la curación". (...) "La psicología positiva, la ciencia social positiva que vislumbro para el siglo XXI, tendrá como una útil consecuencia indirecta la posibilidad de prevenir las enfermedades mentales graves, puesto que hay una serie de características positivas humanas que muy probablemente protegen contra la enfermedad mental: la valentía, el optimismo, las habilidades interpersonales, el trabajo, la ética, (...)".

Los párrafos anteriores son un extracto de lo que pude leer en el libro de M. D. Avia y C. Vázquez, titulado "Optimismo inteligente", cuando caí en la cuenta de que el sesgo del discurso habitual de la tecnología hecho por los técnicos consiste en que, a la inversa de la Psicología, cultiva el lado favorecedor, el de los beneficios, en línea muy paralela a lo que suele hacer la Economía.

La lección es que en muchas parcelas del saber suele dejarse sistemáticamente una zona casi sin explorar o sin desarrollar, un territorio desconocido, un lado oscuro, que -ahora podemos verlo más claramente- no tiene por necesidad que ser el lado negativo, el lado maligno, el lado patológico. En la Economía el lado oscuro es el negativo, en la Tecnología el lado oscuro es el lado negativo, en la Psicología es el positivo. Pero, ¿por qué?

En el plano humano, está demostrado que es mucho mejor tener un talante optimista que uno pesimista. Se tiene más entusiasmo, se es más creativo, se llega más lejos. La inteligencia creadora, como diría el filósofo Marina, es una inteligencia optimista. De hecho, el homo sapiens, en su secuencia evolutiva, ha mostrado ser más bien optimista en sus impulsos para interactuar con su entorno y adentrarse en el futuro.

Seguramente, uno de sus mecanismos psicológicos implícitos debe consistir en creerse capaz de controlar su entorno y, sin duda, el impresionante desarrollo de todos los dominios tecnológicos es uno de los resultados históricos de esa conducta. El discurso de quienes dan en hacer tecnología, generalmente muy especializado en parcelas estrechas, está imbuido de un grandioso afán de superación, en el que el error existe, por supuesto, pero es valorado como un accidente superable, que puede entorpecer mas no detener una línea trazada de progresión. Probablemente, tal actitud "yin" sea la condición misma de su éxito (descontextualizado): esta visión parcial de la realidad, en la que los errores y efectos negativos se descartan conceptualmente de las pautas de acción y son tomados intuitivamente como construcciones mentales debilitadoras, y por tanto relegadas al lado oscuro, constituye la base psicológica necesaria para desarrollar la fuerza tecnológica.

Pero la realidad no se somete a visiones parciales. Si la tecnología impresiona en tanto que producto del puro afán tecnocientífico del ser humano, impresiona aún más por su impacto grandioso sobre el tejido social. El caso de la infotecnología lo hemos metaforizado asintóticamente en este volumen como la Máquina Digital Total (o la Red Universal Digital), la interfaz invisible y codificada con la que manejamos el mundo (o el mundo nos maneja a nosotros). Cuando se para esta Máquina, aunque sólo sea un rato, se para el mundo. Eso significa que, pese a todos sus indudables frutos, el discurso-optimista-de-la-tecnología-hecho-por-los-técnicos y su criterio de éxito, hay que conciliarlo con el discurso-de-la-tecnología-hecho-por-los-observadores-sociales, que, en honor a la verdad, tiende a ser mayoritariamente y crecientemente negativo.

Por citar sólo algunas lecturas de este verano, el conocido pensador francés Finkielkraut afirma en una entrevista que "en otros momentos, la técnica ha servido para liberarse del oscurantismo, pero ahora es su esencia misma", opinión, como se ve, "muy constructiva", sólo un poqui-

to más tajante que la gran mayoría de las que están expresando cuantos intelectuales han vertido sus ideas sobre el impacto de la infotecnología en la educación. Se constata que el lado oscuro habitual de los intelectuales con respecto a la tecnología suele ser el lado optimista.

Hacia una pedagogía realista

Sin embargo, sería temerario negar algún crédito a las reflexiones de ciertos pensadores que se han esforzado en el discurso social de la tecnología, como es el caso de Paul Virilio. Entrevistado en un minilibro, titulado “El ciber mundo, la política de lo peor”, dice algo muy puesto en razón a los fines de este capítulo sobre el lado oscuro. “Hoy por hoy, las nuevas tecnologías son portadoras de un cierto tipo de accidente, y un accidente que ya no es local o está puntualmente situado, como el naufragio del Titanic o el descarrilamiento de un tren, sino un accidente general, un accidente que afecta inmediatamente a la totalidad del mundo. Cuando se nos dice que la red Internet es de ámbito mundial, es claramente evidente. Pero el accidente de Internet, o el accidente de otras tecnologías de la misma naturaleza, es también la aparición de un accidente total, por no decir integral”.

Hace ya tiempo que el sociólogo alemán Ulrich Beck publicó sus serias reflexiones sobre el impacto de la producción industrial a gran escala, ahora traducidas al español con el título de “Sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad”. Los riesgos de la modernización –dice– poseen una tendencia immanente a la globalización.

Su dictamen sobre el ejercicio de las disciplinas técnicas y científicas (¿trasladable al campo infotecnológico?) es todo menos halagador. Para decirlo sin eufemismos, es acusador: “Las ciencias, tal como están concebidas –en su división sobreespecializada del trabajo, en su comprensión metódica y teórica, en su abstinencia práctica ajenamente determinada–, no están en situación de reaccionar adecuadamente ante los riesgos de la civilización, ya que se forman y participan de manera notable en el crecimiento de estos riesgos. Más bien, las ciencias devienen, en parte con la buena conciencia de la “cientificidad pura”, en parte, con el creciente remordimiento de conciencia, en un protector legitimador del embrutecimiento y envenenamiento industriales, a escala mundial, del aire, agua, alimentos, etc., así como de la caquexia y muerte generalizadas y vinculadas a ello de plantas, animales y seres humanos”.

Viniendo a mi visión conciliadora de estos asuntos, siendo yo ingeniero, aquélla parece un tanto pesimista para los ingenieros y técnicos, y para los sociólogos y otros pensadores sociales (no economistas), demasiado optimista. ¡Qué le vamos a hacer! En los tiempos que corren, a los técnicos les propongo guiarse por un optimismo atemperado, una combinación de

ingeniería y pensamiento social. A fin de cuentas, por cada seis ingenieros/científicos/técnicos que “hacen” tecnología, noventa y cuatro se ocupan en la tarea de aplicarla sobre el tejido social, aunque suelen recibir su formación dentro de las pautas de conducta marcadas por los primeros.

Desde 1983 he estado publicando y aplicando diferentes desarrollos de un modelo constructivo de tres niveles de complejidad de la infotecnología (informática, ofimática, etc.) y sugiriendo introducir el estudio de la complejidad sociotécnica en los programas educativos de especialidad. La complejidad incluye factores de orden y factores de desorden, y entre estos últimos cuentan los errores (los “accidentes”, que se decía arriba y que como tales figuran en un plano secundario en las teorías y modelos enseñados), que se propagan en cascada desde el mínimo circuito, formato o instrucción de software, hasta provocar la discontinuidad de una parte del sistema, del sistema técnico entero o del sistema social. Conocerlos es la primera forma de prevenirlos, minimizarlos, compensarlos, corregirlos o evitarlos.

Mi propuesta en este artículo es pedir una vez más que se preste la debida atención a esos factores de desorden o enfermedades nacidos del propio seno del universo profesional de los técnicos, proyectar sistemáticamente luz sobre ese lado normalmente oscuro y desatendido, que, sin embargo, acaba por absorber inmensos recursos y causar tantos problemas (alimentar la tecnofobia, entre otros). Todos los artículos y columnas aquí citados, así como los que he reimpreso o escrito a propósito para esta segunda parte del libro, tratan de elaborar conceptos, argumentos y ejemplos para ayudar en la tarea educativa de ilustrar el lado oscuro en el modelo de los tres niveles de complejidad, que del otro lado hay información sobrada.

El problema del año 2000 ha resultado ser el ejemplo perfecto para ilustrar la negatividad prevista por dicho modelo: ¡la mera ausencia de un par de dígitos tiene la capacidad potencial de causar el “accidente total”! En marzo de 1996 le dediqué el artículo “Informática año 2000: Una bomba de relojería”. Completo en este libro mi tarea divulgadora con un largo ensayo, titulado “Efecto 2000: Tecnología global con fecha de caducidad” *, en el que se hace un análisis sociotécnico bastante minucioso y estructurado del famoso problema.

No puedo presumir de haber elaborado una teoría o una taxonomía completa de los dominios de nocividad intrínseca que causan la discon-

() Ya en el proceso final de edición de este texto para el libro, me interesa dejar reseñado aquí que un artículo de opinión con este mismo título, en el que hice un resumen periodístico del ensayo, apareció publicado en el diario El País de 6 de septiembre. Más de cuatro meses después de su redacción.*

tinuidad de la máquina digital (en principio, con minúsculas), pero avanzo una clasificación provisional, nada exhaustiva:

1. Saturabilidad. Por su propia esencia, la máquina digital tiene limitado el campo de representación de los números, por lo que al llegar a su límite se producen efectos diversos, que van desde errores de cálculo, reinicialización de los valores, etc., hasta fallos fatales. Este tipo de problema es previsible y corregible a priori, sobre todo si los datos representados son fechas o conjuntos que crecen (o decrecen). El Y2K (año 2000) es sólo el ejemplo más famoso.
2. Volatilidad. Denomino de este modo a la desaparición del mercado o pérdida de vigencia de sistemas físicos y lógicos, de formatos y hasta de los soportes físicos de la información (incluyendo la alteración de propiedades de los materiales componentes de las memorias magnéticas, por ejemplo). Esta característica, inevitable tributo al rápido ritmo de evolución tecnológica, se ve potenciada por esa práctica comercial de los líderes industriales que en 1993 llamé MITOS (Modelo Industrial de Tecnología por Oleadas Sincronizadas), consistente en lanzar al mercado productos que generan automáticamente en el conjunto de la Máquina Digital una enorme oleada de caducidades e incompatibilidades.
3. Vulnerabilidad. Define el amplio y trascendental campo de los fallos de seguridad en el enjambre de circuitos, programas y sistemas que componen cualquier máquina digital, así que qué decir de la Red Universal Digital. Constituyen un problema permanente, generalmente imprevisible. Y creciente, con toda probabilidad, debido sobre todo a actos intencionados.

No me importa citar de nuevo a Virilio, porque en este caso quiero hacer más sus palabras: "Hay que tratar de señalar lo que es negativo en lo que parece positivo. Sabemos que no progresamos por medio de una tecnología sino reconociendo su accidente específico, su negatividad específica".

El lado oscuro. A algunos lectores les traerá a la mente la última película de la Guerra de las Galaxias, de próximo estreno, que puede ser una metáfora antropomórfica y fantástica de lo que empieza a ser la Guerra de la Información en la Red Universal Digital. Aquí no hay jedi ni sith, pero pronto habrá ejércitos de agentes inteligentes de diferentes facciones luchando invisibles en el ciberespacio. La emblemática revista técnica Communications of the ACM ha dedicado su número de julio de 1999 al tema de la vulnerabilidad con el expresivo título de "Defensive Information Warfare". ¿Hay o no hay guerra? Más información: http://www.que_la_fuerza_nos_acompane.com.

Agosto, 1999

Incertidumbre tecnológica

Las condiciones de nuestra existencia, siempre al filo del caos, están permanentemente amenazadas por un accidente de tráfico, la pérdida del puesto de trabajo, un virus mutante o cualquier catástrofe natural. A la tecnología y los sistemas técnicos les sucede algo parecido. Algunas de las recetas para convivir con la tecnología y progresar son: control de calidad, estudio de la complejidad y una actitud aventurera.

Un cable roto, una partícula de software, un trocito de tela

El 10 de diciembre de 1996, a media mañana, Barajas, el aeropuerto más importante de España, quedó colapsado por la acción de una sola persona que, subida en una máquina, comprobaba tranquilamente el estado del firme del terreno en una zona exterior al recinto. Este hombre inocente, con su poderosa herramienta mecánica, rompió el mazo oculto de cables fuertemente protegidos que abastecen de fluido eléctrico a los sistemas informáticos, al alumbrado de todos los servicios, al sistema de balizamiento de las pistas, a las escaleras mecánicas y a todo lo que en un aeropuerto funciona con energía eléctrica, que es todo.

Conclusión: parece que la viabilidad de 299 vuelos, el viaje de la reina Sofía a Paraguay, y los planes, vacaciones, negocios y sentimientos de 30.000 personas y de todos los sistemas, procesos, personas y recursos implicados dependían por lo menos de que no se produjera una mínima acción, fortuita en su intención, pero precisa en cuanto a su fuerza y localización, que sin embargo acabó produciéndose en el momento y lugar arriba citados. En este caso, pudo decirse, sin exagerar, que una parte de la actividad del mundo pendía, no de un hilo, pero sí de un cable.

Sin duda, todos recordamos cómo una parte mucho mayor de la actividad del mundo desapareció o se precipitó en el caos, a la hora del café de la sobremesa del almuerzo de un lunes de enero de 1990, absorbida por un violento agujero negro que, debido a una instrucción perteneciente a un trocito de software, se abrió en la red telefónica de larga distancia de AT&T en EEUU. (Entre paréntesis, quizá sea un tanto exagerado hablar de agujero negro, porque en realidad el percance "sólo" redujo en un 50% los 148 millones de llamadas habituales). Lo paradójico es que el programa asesino -lo llamaremos así, por sus resultados-, que corría en los 114 ordenadores de la red, se había reescrito recientemente con la buena intención de optimizar el sistema. "Ghost in the machine" (un fantasma en la máquina), tal fue el título certero con el que la revista Time encabezó el reportaje que describía este desastre. Fueron

bastantes los que rememoraron el colapso de la red ARPA, en 1980, causada por un fallo en un algoritmo de control de la carga.

Y otro trocito, pero ahora de tela, olvidado por un técnico al ajustar el circuito de alimentación de agua de uno de los motores Viking del cohete europeo Ariane, acabó por obstruir dicho circuito y ocasionó la explosión del ingenio, seis segundos después de su lanzamiento, el 22 de febrero de 1992.

La discontinuidad acecha

Los tres sucesos descritos poseen algunas características comunes: a) Ocurren en el ámbito funcional de sistemas tecnológicos muy modernos; b) El accidente se produce inesperada y abruptamente; c) Las causas del accidente son pequeñas; d) Se deben a acciones humanas inintencionadas; e) Las consecuencias son muy graves o catastróficas.

Podemos aceptar que la conjunción de las cinco circunstancias mencionadas es infrecuente, aunque esté documentado que es menos infrecuente de lo que creemos, pero si añadimos a ese grupo los actos intencionados y las consecuencias meramente graves, menos graves o leves, estaremos entonces hablando de miles, de millones de sucesos.

Dicho con otras palabras, el soporte tecnológico genera ámbitos funcionales poderosos, pero limitados en su capacidad, vulnerables, inciertos, en los que acecha el despertar de un foco de fractura. La mejor imagen para comprender la latente discontinuidad del sistema tecnosocial es un sistema circulatorio en el que pueden formarse trombos, que se desprenden en algún instante imprevisible y se ocupan en hacer su tarea. Eso es lo que son el cable roto, la partícula de software y el pedazo de tela, trombos que se instalan en el torrente circulatorio de las actividades humanas modernas y ocasionan una inesperada disfunción, a veces un desastre, aquí o allá. La porción del mundo afectada sufre entonces una regresión violenta. Entonces, el fluir de nuestros procesos se interrumpe, se deteriora o se derrumba durante un tiempo más o menos largo o para siempre.

No es fácil establecer escuetamente una etiología (estudio de las causas) de los fallos en el sistema tecnosocial y menos todavía cuantificarla. Sin duda, una fuente demasiado habitual de fallos es el insuficiente control de calidad en alguna de las fases de los componentes, procesos, interfaces, servicios, redes y sistemas que constituyen las aplicaciones del sistema tecnosocial. La naturaleza de tales fallos pertenece al reino de las chapuzas técnicas o al universo de las prisas y de la competitividad, donde no siempre se practican todas las pruebas necesarias ni se utilizan métodos exhaustivos y consistentes antes de entregar los productos al usuario.

Sé que la anécdota que expondré a continuación es irrelevante en comparación con la intensidad de los ejemplos anteriores, pero me parece conceptualmente ilustrativa al respecto de lo que estoy tratando y muy corriente. Estos días he comprado una aplicación sobre cd-rom. Siempre que quiero explorar el caballero de la mano en el pecho del Greco (y en otros puntos también sucede) la aplicación de los Inmortales de la Pintura se precipita en un vacío algorítmico y declara que “el programa ha efectuado una operación no válida y se apagará”, invitándome gentilmente a que “si el problema persiste consulte al proveedor del programa”. A mi hija le ocurrió algo peor con una prometedora aplicación dedicada a la anatomía del cuerpo humano. Ni siquiera pudimos llegar a instalarla.

La escuela de la complejidad

Es evidente que las deficiencias de control de calidad constituyen, en nuestro sector como en cualquier otro, una lacra profesional y ética ante la que toda reclamación resulta justificada, pero no obstante hay que reconocer que la esencial complejidad de las tecnologías de la información, no sólo dificulta muchas veces hasta extremos increíbles la irrenunciable batalla de la calidad, sino que, lo que es peor, imposibilita virtualmente una garantía total. La complejidad, al tiempo que genera funcionalidad (potencia, velocidad, conectividad, versatilidad, comodidad, placer) genera también un espacio de incertidumbre, que es la fuente última de los fallos, errores, disfunciones, desorden, violaciones, rupturas, etc.

Quizá, lo más difícil de comprender y de aceptar sea que la mayor cantidad de incertidumbre tecnológica nace en la fase de integrar la tecnología en el desorden organizado del mundo usuario. Emerge como fruto del choque de dos mundos de complejidad disímil. Un periódico nacional publica una guía de informática que se titula “¿Ordenadores? No hay problema”. Claro que los hay.

Llevo unos años intentando difundir entre mis alumnos de ingeniería de telecomunicación un conocimiento básico acerca de las caras que adopta la complejidad, de sus consecuencias y de unas cuantas ideas elementales para manejarse con ella. Espero que la visión obtenida les resulte enriquecedora y útil. Trato de imbuirles una especie de estoicismo proactivo, gracias al cual, por ejemplo, no se les mueva un músculo cuando lean que, según una encuesta reciente de Spikes Cavell & Co., el 5% de las redes informáticas fallan total o parcialmente una o más veces al día y el 10% una o más veces por semana, pero sin embargo estén intelectualmente preparados para rastrear las causas de tales fallos y reducir todo lo posible sus cifras y sus efectos.

La visión que les propongo despliega la complejidad conforme a un esqueleto conceptual de tres esferas, cada una dentro de otra. Así, cuando falla el programa optimizado por el técnico de AT&T en 1990, la causa del fallo se ubica dentro de la primera esfera de complejidad, que es complejidad de un tipo disciplinar (la disciplina, en este caso concreto es la técnica de programación), pero su efecto se propaga al sistema de informática y comunicaciones, la segunda esfera, que, al ser sistémica en su concepción, es metadisciplinar, y por último se extiende a la tercera esfera, que compone el universo social o de aplicación de la tecnología, esencialmente multidisciplinar.

¿Merecería la pena meter a los técnicos profesionales en un curso para aprender algunos rudimentos sobre la complejidad de la tecnología de la información? Puede que sí, pero el problema es cómo hacerlo, no habiéndose descubierto todavía, que se sepa, la manera de cambiar actitudes por medio de cursos rápidos.

La necesidad de recuperar el sentido de la aventura

Hablando de actitudes, hay que referirse de nuevo a la tercera esfera de complejidad, que es el ámbito en el que se constituyen realmente y se completan los sistemas, con la incorporación e interacción de sus usuarios en la fase de aplicación de la tecnología. Convivir con sistemas complejos exige de los usuarios sentimientos complejos y hoy lo que hay que pedirle a la sociedad es que, junto a una exigencia informada y rigurosa en lo tocante a la calidad de productos, sistemas y servicios y a tomar todas las medidas pertinentes de seguridad y recuperación, desarrolle una actitud madura y optimista de aceptación del riesgo, compatible con la aceptación de la incertidumbre tecnológica.

Ingenuamente, la gente quiere que sus aventuras se limiten exclusivamente a momentos, lugares y problemas acotados y muchas veces simulados: hacer puenting, visitar un parque temático, apuntarse a un fin de semana de supervivencia, correr el rally Dakar-Dakar, jugarse las propiedades al monopoly o darle a la realidad virtual, y que el resto de su actividad opere al margen de cualquier peligro o sorpresa.

Sin embargo, la tecnología es hoy, después del hecho general de vivir, probablemente la aventura más interesante y más humana, es decir, la más azarosa. Los errores y los riesgos con ella son un tributo, pero también nuestras oportunidades de aprender y de progresar.

PCWEEK, 27 febrero 1997

Lógica y volatilidad de la máquina digital

Un método habitual de formarse una idea del futuro de la tecnología es leer a un reducido grupo de personajes, tales como Gates o Negroponte. Estos también confunden sus deseos con la realidad, tienden a ver el mundo en colorines y yerran, pero tienen sobre nosotros la ventaja de que sus palabras son las palabras de un selecto y denso colectivo de superespecialistas a sus órdenes. En parte, ellos son los dueños del futuro, lo están diseñando, construyendo o comprando en sus laboratorios o empresas. Tienen poder.

Entre los técnicos de nuestro país tienen mala prensa tanto el libro de Gates, "Camino al futuro" (The road ahead), como el de Negroponte, "El mundo digital" (Being digital). Desde luego, no son libros técnicos, así que de nada sirve valorarlos como tales. Muchos opinan que lo que ellos cuentan son cuestiones muy generales (superficiales), por lo cual la paradoja de que luego todos repitan sus ideas -casi siempre deformadamente- constituye para mí un interesante fenómeno psicosocial.

Creo que quien quiera distinguir los ecos de las voces en este asunto de la era digital debería leer pausadamente éstos y algunos otros -muy pocos- textos. El libro de Negroponte, aunque excesivamente entusiasta, es brillante en cuanto a desentrañar conceptualmente las funcionalidades de la tecnología digital y ahí están bastantes de las cosas importantes que había que decir al respecto. Pero es deficiente en el análisis de los problemas fronterizos entre lo digital y lo digitalizado y de las relaciones de la mente humana con la máquina digital, territorio en el que se están armando sutil y silenciosamente algunas de las bases de nuestro futuro como seres humanos en sociedades económicamente avanzadas.

Casi podría decirse que para escrutar este tipo de cuestiones algo más filosóficas constituye una ventaja no estar situado en los centros de poder que ocupan estos personajes y además no es ocioso el hacerlo, como veremos enseguida.

Digitalización

En el año 1983 publiqué en la revista "Mundo Electrónico" un estudio sistémico de las tecnologías de la información, que con el paso del tiempo demostró ser bastante certero. En él sintetizaba tres líneas maestras de tendencia en la evolución de la tecnología emergente: la electrificación, la digitalización y la computadorización.

Digitalizar consiste en convertir en digital algo que no lo es, una información, un dispositivo o una técnica. "Que toda información -escribía entonces- pueda transformarse en una secuencia adecuada de dos

signos fundamentales iguala, por así decirlo, la imagen con el sonido, y con los números, los signos alfabéticos o cualquier señal física, con lo que se borran las diferencias entre un electrocardiograma, una fotografía obtenida por un satélite, la voz humana, el texto de una noticia periódica, el valor medio de un campo magnético, los ecos provocados por una serie de explosiones sobre yacimientos submarinos o los datos de nuestra cuenta corriente”.

Así, toda información se transforma en datos y se trata (se computa, se transmite, se almacena) por máquinas digitales. Debe quedar claro que sólo es digital la información que se genera o trata en la máquina digital. Ya hemos visto en el párrafo anterior, por el contrario, que, para el ser humano, el mundo físico no es digital y tampoco lo es básicamente nuestro cerebro. El mundo físico, aunque es un gran vacío por el que sólo se mueven átomos y otras partículas menores, se nos aparece más bien como un multimedia analógico. Es el cerebro humano quien integra las diversas fuentes sensoriales en un continuo coherente.

De lo dicho hasta aquí se desprende una distinción a tener en cuenta: hablar de “mundo digital” o de “sociedad digital” es como mínimo un abuso terminológico, que no sería grave si no fuera porque escamotea el discurso correcto, que es el de hablar de un mundo digitalizado, es decir, de un mundo predominantemente continuo, en proceso de ser intermedio (y sustituido) por la máquina digital. Con este enfoque, visualizaremos mejor el creciente papel que ésta adquiere como interfaz con el mundo que nos rodea, lo que nos lleva a preguntarnos cómo afecta a la forma o modelo con el que construimos nuestra lógica de ese mundo.

Lógica de la máquina digital

Cuando decía que el mundo es predominantemente continuo, el adverbio “predominantemente” buscaba dejar una puerta abierta para argumentar que, de hecho, la realidad la percibimos compuesta tanto por entidades discretas (número) como por entidades continuas (espacio). En el territorio de las matemáticas, son número un grupo de ovejas o de sillas, y son espacio una distancia, la edad o una melodía. Para contar ovejas y manipularlas en su mente, el hombre ha inventado la aritmética, y para razonar sobre el espacio ha ideado la geometría.

Dice Rucker en su libro “Mindtools” que el cerebro humano, para hacer frente a la dualidad número-espacio del mundo, ha evolucionado estructurándose en dos hemisferios. El hemisferio izquierdo se ocupa mayormente de procesos aritméticos y lógicos y del habla, que está formada por entidades discretas. Lo llaman el cerebro digital: nuestro método primario para contar es utilizando los dedos (las dos manos componen un dígito decimal). El cerebro analógico es el hemisferio derecho,

sede de las actividades mentales que tienen que ver con el espacio, y en general con las entidades y señales de variación continua, como las imágenes.

Lo que está claro es que, aunque no sepamos cómo, el cerebro armoniza perfectamente el manejo simultáneo y cooperativo de los dos aspectos de la realidad. Para ayudarse en ello, el ser humano ha inventado herramientas mentales y creado, por ejemplo, otros dominios matemáticos, como el de la lógica. En un sentido general, la lógica es el dominio que conecta los dominios del número y del espacio. El álgebra forma parte del dominio de la lógica y expresa en forma de símbolos - dominio del número- un continuo de valores en el espacio. Verbigracia, la expresión algébrica llamada hipérbola. Otro ejemplo de lógica es la técnica de composición musical, que, por medio de un conjunto discreto de símbolos, describe lo que al interpretarse instrumentalmente será una melodía.

También ha inventado tecnologías para amplificar por separado las funciones cerebrales en cada uno de esos dominios. Y en estos últimos cincuenta años ha creado la máquina digital, que ahora está vampirizando a todas las tecnologías de la información.

Por "máquina digital" designamos en este artículo a una categoría que agrupa a todos los dispositivos, sistemas y técnicas que tratan información digital. Dos ejemplos: la transmisión de datos y, de forma más general, las infopistas son parte de la máquina digital. El computador Deep Blue, que almacena un millón de partidas de ajedrez magistrales, es otra parte.

El cambio trascendente con respecto a nuestra lógica natural radica en que para esta máquina todo es número y sólo número, y su lógica unificadora se basa en la velocidad y en la acumulación de datos. Potenciar esta lógica hasta el máximo es el único programa de futuro de la industria tecnológica: aumentar el ancho de banda de los circuitos, la capacidad de almacenamiento, la velocidad de conmutación, el poder de cálculo de los procesadores, la inteligencia de los algoritmos de compresión, etc. Para hacernos una idea de las necesidades, una película no comprimida de dos horas consume 160 gigabytes. Es un "espacio" digitalizado, esto es, convertido en número (en este caso, digital binario). El multimedia futuro, plenamente digital, fuertemente interactivo, distribuido por las redes, representa la culminación de esta lógica.

Bill Gates ha dicho que las infopistas transformarán nuestra cultura tan poderosamente como la imprenta de Gutenberg transformó los tiempos medievales. Es posible, pero tenemos que prestar atención a las consecuencias profundas del cambio de lógica al que la tecnología nos obliga, y no sólo a su potencialidad. Al digitalizar el mundo, la máquina digi-

tal se convierte en nuestra interfaz para percibirlo, conocerlo y controlarlo, deviene en nuestra intermediaria y en buena parte se adueña de nosotros. Virtualmente, la última etapa de este proceso es que la interfaz y su memoria se conviertan en “el mundo”.

Volatilidad de la máquina digital

Y, además, al ser muy volátil, la máquina digital nos plantea un problema. En efecto, la evolución tecnológica nos la quita rápidamente de las manos y nos la cambia por otra, más moderna, más capaz y generalmente mejor, pero distinta, de forma que nuestra interfaz con el mundo, y por tanto nuestra relación con él, es inestable, altamente inestable. Incluso en los casos en que su lógica global se mantiene, su instrumentalización cambia.

El stock de chatarra crece sin parar. Sólo por citar algunos ejemplos, en nuestras casas y empresas se almacenan discos, disquetes y otras memorias de varias generaciones tecnológicas que son un cementerio de información y de datos, muertos por la simple razón de que han desaparecido o caído en desuso los instrumentos, sistemas o servicios con los que los habíamos creado o que los tornaban operativos. (Una porción del mundo, incluso de nuestro mundo personal, estaba en esos datos). Los navegadores para Internet cambian casi cada año. Y las especificaciones técnicas del pecé de 1998, editadas por Microsoft, Intel y Compaq, ya nos anuncian la muerte del cd-rom, que será sustituido por el disco vídeodigital.

La innovación tecnológica es imparable. Conducirla conscientes de sus impactos sería nuestro tributo a la racionalidad.

*Libro: “25 años de la transmisión de datos en España”.
Telefónica Transmisión de Datos, 1998*

Efecto 2000: Tecnología global con fecha de caducidad

El problema informático del año 2000, percibido inicialmente como un asunto técnico, ha ido convirtiéndose gradualmente en un problema económico para las empresas y administraciones públicas, ha saltado ya a la opinión general (ver cuadro con algunos recortes de prensa) y en breve podría deslizarse a una fase de alarma social. Puesto que estamos en época de globalización, debemos dejar constancia de que, sin temor a exagerar, este problema del 2000 se nos ofrece como la primera (potencial) avería masiva del Sistema Global. O la primera (potencial) avería global del Sistema, si se prefiere.

Avanzamos hacia la fecha crítica, 1 de enero del 2000, sábado. Ningún experto podría describirnos lo que ocurrirá a partir de ese momento, de forma que en principio los sucesos catastróficos que algunos vaticinan son sólo especulación irresponsable. Aunque no en la misma proporción, también podría calificarse de irresponsable, por parte de quien corresponda en cada caso, el mantenerse al margen o ignorante de las complejas características de este problema, el no tomar las medidas oportunas o el transmitir a la opinión pública más emociones que información objetiva.

A pesar de lo mucho que se ha dicho y escrito sobre este problema –incontables artículos, informes, reportajes, páginas de Internet, anuncios, algunos libros, películas en rodaje- todavía es posible aportar algo nuevo. La intención de este artículo es analizarlo desde un enfoque integral para hacer pedagogía, revelar matices inéditos y sugerir algunas lecciones útiles.

EL PROBLEMA

Humorísticamente, alguien ha explicado que el problema del año 2000 es como una cebolla: tiene muchas capas y según vas pelándolo te hace llorar más y más. Un enfoque integral del problema requiere que describamos su anatomía como si estuviera formada por un cierto número de capas, que convencionalmente imaginaremos agrupadas en tres vertientes o dimensiones: a) Dimensión técnica; b) dimensión tecnosocial; y c) dimensión simbólica, abriéndonos así paso desde el concepto elemental de los dos dígitos decimales hasta su impacto en la red social de actividades y en la mente emocional de los ciudadanos.

Dimensión técnica

La primera capa muestra el problema en su esencia, que ha sido básicamente descrita en todas las publicaciones. Resulta que en la mayo-

ría de los ordenadores, hasta hace muy poco tiempo, se representaban las fechas por el formato convencional "dd/mm/aa", de seis dígitos decimales (d: día; m: mes; a: año). Por ejemplo, se escribe 17/03/99 –en formato americano habitual 03/17/99 –, en lugar de 17/03/1999, que sería su representación completa (válida hasta el año 9999, por lo que tampoco ésta, como la anterior, sirve para cálculos de tiempos geológicos y astronómicos).

Posiblemente, el aborrillo más caro de la historia

Las consecuencias de esta simplificación se manifestarán a partir del 01/01/00, fecha en la que los ordenadores no sabrán discernir si están en el 2000, en el 1900 o en el 2100. Por omisión, tomarán el 1900 y, si no se corrige a tiempo tamaña inconsistencia, los programas informáticos incurrirán en cálculos de resultados imprevistos e imprevisibles.

RECORTES DE PRENSA

Como preparación para los efectos del problema del año 2000, los más mesurados hablan de su "preparación" como un seguro para el día de mañana: guardarán ciertas provisiones, retirarán una parte o incluso la totalidad de su dinero del circuito bancario y empiezan desde ahora a comprar oro y monedas antiguas. Otros venden sus casas previendo un desplome del mercado o se equipan para ser capaces de abastecerse de energía solar. (El País, Ciberpaís, Carta desde el Pacífico, 30/12/1998).

El 31 de diciembre de 1999 habrá una gran traca mundial. Donde primero lo celebrarán será en Nueva Zelanda, y para mayor precisión, en la isla de Tonga. Decenas de cruceros echarán el ancla en el Pacífico Sur y zarparán después rumbo al este, para celebrar un nuevo milenio en cada franja horaria. Belén y Roma serán dos destinos seguros. (El Mundo, 2/1/1999).

Un estudio internacional sobre el problema informático (Millennium Index, de Cap Gemini, la mayor consultora europea sobre temas informáticos) sitúa a España entre los países peor preparados para afrontar el cambio de milenio. Sólo un 35% de las empresas ha tomado medidas. (El Mundo, 3/1/1999).

La mayoría de las compañías de seguros españolas, siguiendo las recomendaciones de la patronal del sector, están incluyendo cláusulas, principalmente en las pólizas suscritas con empresas, que les liberan de cubrir los daños causados por el efecto 2000. El motivo que esgrimen es que si ocurre un siniestro o un accidente es porque "el asegurado no ha tomado suficientes medidas para impedirlo", por lo que el que se tiene que hacer cargo de las consecuencias es él y no el seguro. (El País, 15/2/1999).

Un número creciente de estadounidenses cree que el apocalipsis llegará el próximo año, de la mano de los ordenadores. El llamado "efecto 2000" desencadenará una serie de reacciones en la infraestructura tecnológica del planeta que acabará por devolver a la humanidad a la Edad de la Piedra. La mitad de la población de EEUU planea retirar dinero del banco unos días antes de año nuevo y un tercio quiere hacer acopio de alimentos. Algunos, muy ruidosos, les llevan ya cierta ventaja, como Paul Milne, ex agente en el mercado de materias primas, que ha llevado a su familia a una granja de Virginia donde lo tiene todo ya preparado para autoabastecerse (con comida suficiente para alimentar a 15 personas durante dos años) y encarar los peligros que presagia la hecatombe. (El País, 21/2/1999).

El sumo sacerdote del apocalipsis del año 2000 es el doctor Gay North, cuyo sitio en Internet es el Vaticano o la Meca de la iglesia de la "preparación para el año 2000". A su página acuden cientos de miles de personas cada día. "Jamás en la historia de la humanidad –predica North– hemos sido capaces de predecir con tanta precisión una catástrofe mundial de esta magnitud. El reloj del milenio sigue avanzando. No podemos hacer nada". (El País, 21/2/1999).

Los estadounidenses deben prepararse para el problema del año 2000 en los ordenadores "como lo harían de cara a un huracán, almacenando alimentos enlatados y agua embotellada", según el informe de la Comisión del Senado que ha estudiado el problema. (...) Según el informe, la principal amenaza para EEUU procede de la falta de preparación de muchos de sus socios y aliados (cita a varios, entre ellos España). El informe precisa que el arsenal nuclear de EEUU está listo para el año 2000, pero no los de Rusia, Pakistán, India o China. (El País, 2/3/1999).

Duisenberg, presidente del Banco Central Europeo, ha propuesto declarar festivo el próximo día 31 de diciembre y cerrar todos los sistemas del sector financiero, para minimizar el riesgo de que se produzcan contratiempos por el temido efecto 2000. (El Mundo, 16/3/1999).

Parece que, al fin, el 1 de enero del año 2000 se podrá aterrizar en cualquier aeropuerto español sin peligro de que la red informática que controla los vuelos se desplome. (Palabras del ministro de Administraciones Públicas, recogidas por El Mundo, 23/3/1999).

La Reserva Federal de EEUU aumentará en 50.000 millones de dólares la masa monetaria circulante para hacer frente a las acumulaciones de efectivo por parte de la población a fines del 1999. (Prensa, mediados de marzo de 1999).

El efecto 2000, como digo, es muy célebre ya, pero no conozco a nadie que me lo sepa explicar con exactitud. Los periódicos informan, sacan notas sobre el desastre, pero el detalle del asunto no lo sabe nadie. La gente ha oído campanas, se teme lo peor, hace cábalas, pero carece de una idea exacta sobre qué es lo que va a pasar. Está cundiendo cierto pánico, proliferan las fantasías y los ensueños, en materia de dinero sobre todo, pero estamos como estábamos, a dos velas. (Columna de M. Hidalgo, El Mundo, 30/3/1999).

Los ministros de Economía y finanzas de la UE, reunidos ayer en Dresde, han tomado la decisión de cerrar los mercados financieros y de compensación bancaria, al menos para las transacciones en euros, a las doce de la noche del próximo 31 de diciembre para evitar el efecto 2000 en los equipos informáticos. (El País, 18/4/1999).

Durante los años 50 y 60 la industria informática adoptó este formato de representación de fechas, que, dicho de una manera aproximada, supone un ahorro de dos bytes por cada dato-fecha que procese un programa cualquiera ejecutado en esas máquinas, lo que cuando se trate, no de unos pocos datos, sino de grandes ficheros o bases de datos, puede suponer un ahorro de decenas de millares o de millones de bytes de memoria. (Una cifra decimal se representa por un byte, salvo que sea en

lo que llaman formato empaquetado; 1 byte equivale a 8 bits; el bit es la unidad mínima de información digital, es decir, la unidad mínima de memoria en un ordenador). Hoy día, la memoria digital es muy barata, su precio ha venido cayendo bastante regularmente a razón de un millón de veces cada 20 años, de forma que si no valoramos este factor con un mínimo de perspectiva histórica podrían parecernos absurdas las decisiones de diseño que antaño se tomaron.

Un principio general de economía

Para no caer en la fácil tentación de tachar de ingenuos o de inútiles a los ingenieros e informáticos vamos a explorar una segunda capa, titulada “construir con recursos escasos” y que describe un principio general de economía, aplicable a cualquier obra humana, incluidos en principio los ordenadores y el software.

Por diseño, todo depósito o espacio, natural o artificial, tiene una capacidad limitada, que acaba siendo insuficiente si aumenta imparablemente la diferencia entre insumos y consumos, en cuyo momento se desborda, se satura, se bloquea, se agota o se pone a cero, según los casos. Da lo mismo que sea un recipiente, un aeropuerto, un canal de telecomunicación, una vía de tráfico, una cinta de vídeo, la red metropolitana, el espacio de frecuencias de radio, el cuentakilómetros de un coche, un hospital o el camarote de los Marx. Nada se diseña y construye para siempre y para toda circunstancia, los ingenieros adoptan sus decisiones sobre una base posibilista de criterios técnicos, económicos y sociales, sabiendo de antemano que el tiempo puede terminar por desbordar la funcionalidad de su obra, que deberá entonces ser sustituida, ampliada o rehecha.

Los depósitos destinados a contener y manejar números, y en general la que pudiéramos llamar tecnología de los números, suministra ejemplos prácticos muy interesantes del susodicho principio de economía, de los que el problema del año 2000 es un caso particular. (Ver cuadro con “Historias de números”). Cualquiera de ellos tiene un impacto sobre nuestras vidas, ya que nuestra civilización y nuestra organización social están inextricablemente unidas a los números.

La adaptación de los sistemas informáticos al euro es otro problema de números, aunque éste viene ocasionado por una decisión política que promete beneficios y nada tiene que ver con un efecto de agotamiento de un determinado sistema económico, sino, bien al contrario, con el inicio de uno nuevo y diferente. Y otro problema más técnico y específico de algunos sistemas informáticos, numérico también pero sin nexo con efecto alguno de saturación, es la posibilidad de confundir el código 9999, empleado a veces para identificar el fin de ciertas secuencias de datos informáticos, con la fecha 9 de septiembre de 1999.

HISTORIAS DE NÚMEROS

Hacia el año 1925, la red telefónica de la ciudad de Madrid requería sólo 3 o 4 dígitos decimales en los números de teléfono de abonados. A nadie se le ocurre que ya entonces se debería haber construido un sistema con capacidad para manejar un espacio de numeración nacional de 9 dígitos, como el que rige actualmente. No había necesidad ni tecnología para ello. Con el tiempo se ha ido aumentando tal espacio numérico, a la postre siempre escaso, y hoy su gestión se ha convertido en un importante problema económico y político y en sumidero voraz de inversiones y gastos públicos. Conceptualmente similares y con parecidas dificultades son los números (y letras) destinados al DNI, al identificador de seguridad social (en EEUU, donde no se reasignan a la muerte del titular), a las direcciones de Internet, etcétera.

Todo lo dicho sirve también para entender cuestiones básicas de la tecnología digital, pero tenemos que añadir algunas peculiaridades. En primer lugar, la capacidad general de un ordenador se fundamenta en las capacidades internas de sus circuitos procesadores y de almacenamiento de información, que se miden por su número de bits o de bytes, lo que quiere decir que ahí no "cabe" cualquier número, si éste es suficientemente grande o suficientemente pequeño. Los dígitos que no caben, simplemente quedan eliminados, por el efecto de truncamiento. Si se manejan las operaciones de forma previosa, se obtendrán resultados numéricos con una aproximación controlada (precisión), si no, con un error. Cualquier lector puede entender esto manejando su calculadora electrónica, limitada a registros de 8 o 9 dígitos decimales.

Otra peculiaridad se corresponde con las propiedades de un circuito característico, el contador, uno de los protagonistas del problema del 2000. El cuentakilómetros parcial de nuestro coche es un contador decimal y habitualmente registra tres dígitos. Lo ponemos a cero cuando iniciamos un viaje, por cada kilómetro recorrido se incrementa su contenido en una unidad, hasta que llega al 999, ahí se desborda el espacio disponible y se pone a cero (000) en el kilómetro 1000. Igual les ocurre a los contadores de gas y de electricidad, cuyas unidades son metros cúbicos o kilovatios. Igual, a los contadores de tiempo (relojes) de los ordenadores diseñados con dos dígitos

decimales (representados internamente por bytes) para contar años y fastidiarnos a partir del año 2000.

Fijémonos en dos detalles de los contadores de tiempo. Uno, que las unidades de tiempo que cuentan pueden ser las que se convenga por diseño: segundos, minutos, horas, días, semanas, años, etc. Dos, que, en el caso de tratarse de una cuenta de tiempo integrada en un instrumento previsto para medir la temporalidad de actividades humanas (un ordenador, un reloj digital), ha de suponerse programada en él una relación de correspondencia con un calendario convenido de antemano, a partir de un instante inicial. El formato convencional de cuenta "dd/mm/aa" incorpora dicha relación, es directamente una cuenta de tiempo del calendario gregoriano.

No siempre ocurre así, por eso el problema del año 2000 es, a la vez, el más grave y urgente, pero no el único problema de esta categoría, como veremos en los siguientes ejemplos. Los ordenadores regidos por el sistema operativo Unix sobre arquitectura de 32 bits cuentan el tiempo por medio de un contador de segundos inicializado el 1 de enero de 1970, que se pondrá a cero (representativo de una vuelta al 1970) en una fecha y hora determinadas del año 2038. El sistema satelitario GPS (Global Positioning System), piedra angular de importantes aplicaciones, que cuenta el tiempo por una combinación de señales de relojes atómicos y un contador de semanas, inicializado el 5 de enero de 1980, sufrirá el mismo problema el 21 de agosto de este año de 1999. Merece mencionarse también otro problema del año 2000, sin duda menor, pero no desdeñable: algunas aplicaciones informáticas no previeron en su día que el año 2000 es bisiesto secular (el anterior bisiesto secular fue el 1600), por lo que, de no corregirse a tiempo, pasarán del 28 de febrero al 1 de marzo, saltándose el 29 de febrero, ocasionando ipso facto diferentes problemas.

Por lo demás, nuestro lenguaje escrito está plagado de prácticas ahorrativas. Así, de forma natural, empleamos en nuestras anotaciones personales y documentos el mismo convenio de fechas que constituye la raíz del problema del 2000, circunstancia que pesó lo suyo a la hora de decidir en su día el formato de fechas para los ordenadores. O escribimos "25 grs.", "Ud." y "s.e.u.o.", pero entendemos y leemos "veinticinco gramos", "usted" y "salvo error u omisión".

Complejidad de la tecnología informática

Hay que pelar la tercera capa de la cebolla para empezar a percibir por qué el asunto de la forma de representar el año 2000 es un problema. El error de la fecha, este desbordamiento esperado, esta cosa pequeña y en principio sencilla de explicar y de entender, esos bits o bytes internos, se ha extendido, crecido y multiplicado bajo diversas formas y asociaciones en un extraño, invisible y casi ubicuo monstruo.

Queda fuera del alcance de este artículo explicar ni siquiera superficialmente en qué consiste ese monstruo. No todos saben que la maquinaria informática desplegada por el mundo es ya como una galaxia compuesta por miles de millones de sistemas. Cada uno de estos sistemas está constituido por variantes materiales tales como un ordenador grande o muy grande conectado a un elevado número de terminales, un ordenador mediano o pequeño, un ordenador personal o un microprocesador y otros chips metidos en cualquier infoimplemento o sistema de control (de estos últimos, llamados sistemas empotrados o integrados, algunas estimaciones cifran su parque entre 10.000 y 25.000 millones de unidades). Muchos están interconectados mediante redes de todas clases y tamaños, y muchas redes, también interconectadas.

UN INMENSO PLATO DE ESPAGUETI EN UNA ESPESA SALSA DE LETRAS

Cuando hablamos de la fecha tenemos que saber que no estamos hablando sólo de un reloj electrónico, que puede localizarse y sustituirse por otro compatible con el año 2000, sino que estamos refiriéndonos, en distinta proporción según el tipo de sistema, a todas las funciones y elementos de éste, potencialmente relacionadas con la fecha: Hardware (circuitos), unidades periféricas, sistema operativo (el software que gestiona los recursos del sistema), servicios de red, herramientas, utilidades, software de aplicación, lenguajes, sistemas conectados y datos.

Los citados elementos pueden proceder de construcción propia (sobre todo software de aplicación), de distintos proveedores (no pocos ya desaparecidos del mercado) o de versiones diferentes de los mismos proveedores, haber sido producidos o diseñados en épocas dispares (en ocasiones sorprendentemente antiguas), estar o no documentados (muy a menudo la segunda posibilidad), estar catalogados o descatalogados,

haber sido comprados o pirateados (los segundos carecen de cobertura técnica y legal), ser o no fácilmente accesibles (muchos microcontroladores industriales son relativamente inaccesibles), regirse por distintas normas, definiciones, códigos, criterios de calidad, procedimientos de concepción o arquitecturas.

Para terminar este cuadro, merece reseñarse que muchas empresas usuarias de tecnología informática carecen de un inventario completo y detallado de sus sistemas, fenómeno muy corriente desde la generalización de la informática distribuida: estaciones de trabajo, pecés, aplicaciones departamentales y personales.

A diferencia de lo que sucede con un hospital o con una carretera, que se saturan dentro de unos límites espaciales y funcionales conocidos, acabamos de ver que lo que se satura en los sistemas informáticos es una célula mínima de información cuya influencia se multiplica y propaga en muchos elementos del sistema del que forma parte y en otros sistemas asociados, no con la materialidad de piezas sueltas identificables –en consecuencia limpiamente reemplazables–, sino al modo sutil de largas cadenas lógicas, estructuras complejas, algoritmos y arquitecturas heterogéneas con varios niveles constructivos, que son la sustancia propia de la informática.

Creemos que para una comprensión mínima de las causas, costes e impactos del problema del año 2000, es imprescindible percibir esta idea de complejidad que lo envuelve. Tal vez ayudaría imaginarnos este conglomerado como un inmenso plato de espagueti en una espesa salsa de letras, donde hay que localizar y reparar o sustituir muchas partículas que están en algún sitio en el interior de los espagueti y entre la salsa (véase cuadro).

De toda la documentación que hemos revisado, ninguna como la “Guía práctica sobre el efecto 2000”, muy recientemente editada por la Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa, del Ministerio de Economía y Hacienda español, expresa con tanto realismo, probablemente de forma involuntaria, el alcance de esta complejidad.

El proveedor X, en un documento informativo dirigido a sus clientes en relación con el estado de conformidad con respecto al problema del año 2000 de sus cientos de productos de hardware y software, clasifica a éstos en seis niveles de conformidad. Una nota lapidaria en dicho documento, fechado en octubre de 1998, dice: “Un módulo de software

que no cumple la conformidad puede hacer que todo el sistema no cumpla la conformidad". El proveedor Y, mucho más importante y antiguo, declara tener unos 80.000 productos informáticos, de los que, por suerte, muchos nada tienen que ver con este problema. (Nota: utilizaremos letras mayúsculas como X, Y, Z, etc., cuando, a título de ejemplo, nos refiramos a empresas reales de la industria informática).

Todos los proveedores nos remiten a sus páginas de información en la Web de Internet, si estamos interesados en seguir al día la evolución del estado de conformidad de sus productos con el problema del año 2000 y en adquirir las soluciones. Por lo demás, lo cierto –y grave– es que no existe tampoco un criterio único y universalmente aceptado de conformidad (conformidad significa ausencia del problema).

Dimensión tecnosocial

Todo lo dicho ilustra una gran complejidad técnica, sin duda, que empalidece no obstante ante la complejidad sociotécnica derivada de que esta galaxia de circuitos, máquinas, redes, algoritmos y datos es la infosfera que da vida al incesante fluir de actividades del sistema social.

Por lo tanto, representarnos conceptualmente la capa de la dimensión tecnosocial de este problema significa hacernos conscientes de que, de no remediarlo, ese par de bytes ahorrados no traerá consigo sólo algún que otro molesto fallo aritmético por aquí y por allá, sino el desencadenamiento de una plaga sobre el sistema social. Esto es, sobre los sistemas informáticos de gestión y producción de las empresas, sobre los procesos industriales, sobre infraestructuras y servicios básicos tales como el agua, la electricidad, las telecomunicaciones, sobre sistemas de seguridad y control de acceso a instalaciones, alarmas, ascensores, cajeros automáticos, sobre los sistemas financieros, sobre sistemas de armas, sobre los sistemas de seguridad pública, sobre plantas de generación nuclear, sobre sistemas de transporte, sobre instrumental biomédico, sobre sistemas de explotación agropecuaria, sobre infoimplementos de hogar, sobre las transacciones electrónicas interempresariales, etcétera.

El problema del año 2000 nos va a impartir, nos está impartiendo ya, la primera lección sobre lo que son un sistema realmente global y una sociedad compleja.

Dimensión psicológica

Aunque les pueda parecer increíble a muchos lectores, una parte importantísima de las reacciones y del impacto del problema del año 2000 se genera en las capas psicológicas donde residen los dispositivos emocionales y los mitos.

Los espectaculares progresos científicos y técnicos, desde la robótica hasta la ingeniería genética, pasando por la química, la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, provocan como poco sentimientos de asombro, y no es para menos, pero también de desconcierto, inferioridad e inseguridad.

Estamos tan habituados a convivir y beneficiarnos con los productos de la tecnología que nos hemos vuelto incapaces de imaginar lo que sería nuestro mundo sin ellos, de ahí nuestra injusta propensión a fijarnos preferentemente en sus efectos dañinos. En aras de la objetividad, sin embargo, es imprescindible reconocer que la aceleración y complejidad de los cambios impuestos en los últimos decenios por el desarrollo tecnocientífico sobre nuestro entorno vital superan ampliamente la capacidad de comprensión y de adaptación de la mayoría de nosotros. La sensación, cada día más real, de pérdida de control de nuestro entorno personal es, según los psicólogos, un factor que alimenta la desesperanza y la depresión.

Para un número creciente de personas, estimuladas además por el empobrecimiento de valores morales propiciado por el materialismo tecnocientífico y económico, el desconcierto y la inseguridad despiertan esos fantasmas del miedo que acompañan desde siempre al ser humano. Algunos eligen ahuyentarlos depositando sus expectativas en el consejo de personajes pretecnológicos, tales como gnósticos, cabalistas, magos, aritmomantes y adivinos. Lo que ya resultaría un sarcasmo definitivo es que, siendo el ordenador probablemente el mayor invento de la humanidad, culminación de una aventura cultural de miles de años con los números y los sistemas de numeración, un descuido de planificación con el formato de representación del número de la fecha pudiera ahora alentar a quienes interpretan numéricamente los escritos antiguos y leen en ellos el próximo advenimiento del día apocalíptico de la bestia.

Sin llegar a esos extremos, es previsible que el conocimiento somero de la causa del problema del año 2000 despierte en cada persona sensaciones encontradas. Una de ellas es decepción. ¿Cómo puede una máquina de éstas ser capaz de ganarle al campeón mundial de ajedrez y a la vez mostrarse totalmente incapaz de hacer lo que haría cualquier bachiller elemental, añadir simplemente, cuando proceda, los dos dígitos que le faltan a la fecha de los años? No sólo es una maquinaria que nos controla, sino que para nuestra desgracia encima falla, pensarán algunos. Otros, con humor escéptico, repetirán eso de "errar es humano, pero para enredar realmente las cosas se requiere un ordenador".

Habría que explicarle a la gente que el ordenador es muy potente, pero rígido y estúpido. Hace lo que se le ha instruido que haga, no tiene sentido común, ni contextualiza la información, mientras que nuestro cerebro es lento y poco preciso, pero flexible y funciona bien en medio del

error y la ambigüedad. Sin comprender estas diferencias, y sin reflexionar un poco sobre la metáfora del plato de espagueti en que se ha transformado el problema, estaremos negados psicológicamente para apreciar su gravedad, lo que explicaría por qué muchos directivos de empresa puedan haber rechazado, tiempo atrás, tachándolas de alarmistas o exageradas, las posibles (en todo caso escasas) advertencias de sus técnicos.

Igualmente, ciertos mecanismos psicológicos conducen a cada uno a interpretar las probabilidades de ocurrencia de los sucesos como mejor cuadren a su personalidad (optimista o pesimista). Así, las cifras sobre costes e impactos estimados del problema del 2000 son, han sido y seguirán siendo objeto de valoraciones muy dispares, tanto más cuanto que en este caso son por añadidura poco fiables. Parece que adherirse a la interpretación optimista constituye la esencia de la vida, y por tanto de la empresa, lo que sin duda habrá contribuido al lamentable retraso general en acometer la reparación de este problema.

LOS EFECTOS

En España, al problema del año 2000 se le ha llamado –y con esa denominación lo conocen todos los españoles que lo conocen- Efecto 2000, nombre corto si bien semánticamente muy desafortunado, que da lugar a expresiones tan ridículas como la de “los efectos del Efecto 2000”, que puede leerse en un documento oficial. La terminología internacional en lengua inglesa más extendida incluye “The year 2000 problem”, “The millennium bug”, pero sobre todo el código “Y2K”, que parece el nombre de una molécula química, un arma secreta o un virus (Y = Year; 2K = 2000; pronúnciese uai-tu-kei). La verdad es que habría sido más adecuado llamarlo Defecto 2000.

Valorar los efectos del Y2K es por desgracia tarea extremadamente especulativa, de resultados más o menos inciertos, y en algunos aspectos, muy inciertos. Hay unos efectos previos a la fecha maldita y otros, posteriores. Como es lógico, de los primeros vamos teniendo una apreciación más realista a medida que nos acercamos a esa fecha.

Costes de reparación del Y2K

Sabemos que los costes definitivos de reparación serán muy elevados pero ignoramos hasta qué punto. Las estimaciones rotundamente expuestas por diversos expertos difieren llamativamente entre ellas, y las más publicitadas, es decir, las reproducidas una y otra vez sin mayor análisis por los distintos medios e informes, incluso oficiales, no tienen por qué ser las mejores.

Después de familiarizarse con la anatomía multidimensional del problema, anteriormente descrita, el lector podrá seguramente formarse una

idea aproximada del porqué de tanta vaguedad, si además imagina por un momento el cúmulo de intereses creados, ignorancia y mala conciencia que rodean a este asunto. Para orientarlo cuantitativamente hemos reunido algunas cifras en un cuadro adjunto, sin especificar en detalle las fuentes bibliográficas.

A estas alturas, casi todos sabemos cómo se obtienen las estimaciones cuantitativas de cualquier fenómeno, plaga, desastre natural, enfermedad, volumen de mercado, tendencia social o lo que sea. Datos procedentes de sondeos, generalmente poco fiables, unos cuantos cubileteos con calculadora o modelo matemático computado y algún retoque por aquí y por allá, para inflar o desinflar, según la adscripción psicológica o profesional del analista, y se obtienen hermosas proyecciones numéricas, que producen un impacto mágico en la opinión. En el caso que nos ocupa, aunque tampoco ofrecen una credibilidad absoluta, podríamos considerar algo más realistas las cifras de coste presupuestadas y controladas por algunas empresas.

UNA MUESTRA DE LOS COSTES ESTIMADOS DE REPARACIÓN DEL Y2K

Algunas estimaciones del coste mundial de reparación del problema elaboradas en diferentes épocas son: en 1993, 50.000 millones de dólares; en 1997, 600.000 o 750.000 millones de dólares; en 1998 (por Capers Jones, famoso experto), 1 billón de dólares ("trillion", en terminología americana). Este mismo analista añade otros 2 billones de dólares por daños, costes de recuperación y litigios ante los tribunales. En un periódico de información general hemos leído recientemente que la ONU ha estimado en 85 billones de pesetas, unos 0,6 billones de dólares, el coste mundial de reparación.

¿Cuánto va a costar en España? Expertos externos han estimado estos costes en una cifra cercana a los 2,5 billones de pesetas. El estudio Millennium Index, conducido por la empresa Cap Gemini, los situaba hace unos meses en 1,6 billones de pesetas, pero SEDISI, la patronal del sector, en su página informativa de Internet (consultada el 19/3/1999), los establece en 150.000 millones, cantidad que abarca todas las tareas de limpieza del parque de ordenadores y aplicaciones, tanto privado como público. Nuestro ministerio de Administraciones Públicas, en lo que se refiere a los sistemas informáticos dependientes de la Administración, presupuestó en un princi-

pio 10.000 millones de pesetas, elevados después, y sucesivamente, a 18.372, 25.000 y por último a 27.422, cifra dada a finales de marzo de 1999 por el ministro.

Veamos costes de reparación presupuestados por algunas empresas, varios ya revisados posteriormente. Unilever: planeaba gastar en reparar el problema del año 2000 180 millones de dólares y 2,5 millones de horas de trabajo a lo largo de 4 años (por comparar, Unilever facturó 41.262 millones de dólares, con un beneficio de 1.842 millones en 1991); Exxon: 275 millones de dólares; Mobil: 490; General Motors: 500, cerca de 900, según otra referencia posterior. En España: Repsol: 4.055 millones de pesetas; Endesa: 14.068 (Página de Internet del diputado R. Estrella). Renfe: alrededor de 1.000 millones (comunicación personal).

Creemos que algunas cifras del valor económico de ciertas empresas permitirán relativizar los costes anteriormente reseñados. El valor de las 35 empresas del indicador Ibex de la Bolsa de Madrid es de unos 38 billones de pesetas. El valor de la Bolsa de Nueva York, en marzo de 1999, es de unos 11 billones de dólares, unos 1.600 billones de pesetas. La empresa BP Amoco compra la empresa Arco por 4,14 billones de pesetas (26.800 millones de dólares). La empresa Vodafone compra Airtouch por 66.000 millones de dólares. La Banque Nationale de París ofrece 37.000 millones de dólares por Paribas y Société Générale. Yahoo adquiere Broadcast.com por 5.700 millones de dólares.

Esa es la razón de haber incluido una muestra en el cuadro. Entre paréntesis, que la planificación de proyectos complejos arroja unas desviaciones fenomenales y que un porcentaje de ellos muy próximo al cien supera los presupuestos en costes y tiempo es asunto aceptado y materia de chascarrillos dentro del folclor profesional de los técnicos informáticos de todo el mundo.

Sirva para hacerse una idea sencilla de un método habitual de estimación de los costes previstos de reparación el siguiente procedimiento. Pongamos que una empresa de tamaño medio en EEUU emplea un conjunto de 8.000 programas informáticos, con un promedio de 1.500 instrucciones cada uno, lo que arroja un total de 12 millones de instrucciones o líneas de código. Manejando la hipótesis de que una de cada 50 instrucciones pudieran referirse a fechas, y por tanto verse afectada por el Y2K, entonces serán 240.000 instrucciones aproximadamente las que habrá que corregir. Supóngase además que el coste de reparar una ins-

trucción oscile alrededor de 3,50 dólares (Gartner Group), entonces el coste total de reparación ascenderá a unos 840.000 dólares, 1 millón de dólares, redondeando. Si cambiamos la proporción de líneas de código erróneas o el coste de reparación por línea (otro experto ha establecido recientemente este coste en 0,22 dólares; Rubin, en IEEE Computer) obtendríamos cifras de coste totalmente diferentes.

Más vale tarde que nunca (pero no tan tarde)

Los desembolsos económicos, sobre todo si son para reparar averías, sientan muy mal, pero las organizaciones habituadas a invertir en equipo de tecnología de la información están hechas a ello. Van obligadas cada año a presupuestar una partida importante para mantenimiento y actualizaciones de su parque físico (equipo material) y lógico (software), sólo que con esto del 2000 se han desbordado todos sus habituales porcentajes. En España, el Instituto de Contabilidad y Auditoria de Cuentas, por encomienda del Consejo de Ministros, ha publicado una resolución el 20 de julio de 1998 por la que los importes de reparación del 2000 se imputarán a la Cuenta de Pérdidas y Ganancias.

Desde luego, los costes de reparación del problema Y2K afectarán poco al PIB, salvo tal vez para subirlo algunas décimas, aunque sí recordarán el beneficio de muchas empresas, si los tuvieran. El dinero circula, va de unas manos a otras. Unos pierden y otros ganan. Es habitual que los riesgos para unos se conviertan en oportunidades de mercado para otros, pero aquí la gran paradoja es que el beneficio económico se desplaza a los sectores más presuntamente causantes del problema.

Ganan los empleos en el sector de los técnicos informáticos (especialmente programadores), ganan las empresas consultoras y de servicios (tanto las serias como las advenedizas) y probablemente pierda globalmente la industria suministradora de equipamiento informático y electrónico, por la caída de inversiones en nueva tecnología. Un efecto derivado, importante pero poco tangible, es el freno a la innovación tecnológica de las empresas.

En cualquier caso, próximos al año 2000, la preocupación del coste pasa ya a un segundo plano, porque lo que importa ahora es tener la casa limpia a tiempo, por lo que pudiera suceder. Y en éstas es cuando alcanzamos una de las pocas certezas que tenemos, poco estimulante, por cierto: se haga lo que se haga, aunque se pusieran en acción todos los recursos del mundo, no tendremos limpia la casa. Se han elaborado incluso índices, como el de Robbins/Rubin, para señalar el retraso de las empresas y sectores con respecto a sus propios planes de reparación.

Algunos intuimos que, con el ritmo actual, haría falta trabajar durante todo el año 2000 para andar más cerca de conseguirlo. Aunque difie-

ran en sus cuantificaciones, todos los estudios publicados referidos a la tarea de reparación pendiente, por países, por sectores económicos y por especialidades, coinciden en lo esencial: no da tiempo, se ha empezado a trabajar demasiado tarde.

Sin ánimo de exhaustividad, daremos algunas referencias bibliográficas para formarnos una idea del retraso adquirido, por comparación con el origen temporal del problema. En septiembre de 1993, Peter de Jager publicó en la revista técnica americana *Computerworld* el luego famoso artículo "Doomsday 2000". Laboriosamente, hemos intentado seguir un poco la pista de artículos anteriores, y nos consta un trabajo de Dick Lefkon en unas Actas de una reunión técnica en el sector de la energía nuclear, fechado en 1991. R. Comerford, en el *IEEE Spectrum*, asegura que el primer artículo referido al problema apareció en 1984 en la revista *Computerworld*. No hemos podido verificarlo. *Le Monde Informatique* dedica al Y2K un número monográfico en enero de 1997.

En cuanto a artículos en revistas de información económica, creemos digno de ser resaltado como pionero uno breve, pero muy documentado, en un suplemento (review) de *The Financial Times*, 7 de febrero de 1996. *The Economist* insertó un soberbio cuadernillo (survey) de 22 páginas, titulado *The Millennium Bug*, el 19 de septiembre de 1998.

Desde la segunda mitad de 1997 en adelante se han disparado las publicaciones, alcanzando a la prensa general sobre todo a partir de 1998. El aumento del número de artículos, libros, informes y páginas de Internet, con tratamiento técnico o simplemente aportando datos, es geométrico.

Una breve cronología en lo que a nuestro país se refiere. Parece que la primera voz de alarma sobre este asunto la lanzó Fernando Sáez Vacas, con su artículo "Informática año 2000: una bomba de relojería", publicado en la edición española de la revista *Pcweek*, el 14 de marzo de 1996. La primera de las actividades en relación con este tema de SEDISI, patronal del sector de las tecnologías de la información, se produce en septiembre de 1996. Por la misma época, algunas de las empresas e instituciones con mayor inversión en tecnología informática, que mantienen conjuntamente el CITI (Comité de Investigación en Tecnología de la Información), empezaron a hacerse eco del problema como tema de estudio en sus reuniones de trabajo.

El 3 de junio de 1997, el partido socialista, en las filas de la oposición, presenta una proposición no de ley sobre este asunto. El 24 de junio de 1998, SEDISI difunde un folleto informativo sobre el efecto 2000. Unos días antes, el Consejo de Ministros del 12 de junio acuerda crear la Comisión Nacional del Efecto 2000 y encomienda a la Secretaría de Estado de Comercio, Turismo y de la Pequeña Empresa el desarrollo de

un programa de sensibilización. Dentro de su ámbito de actuación, el Consejo Superior de Informática, del Ministerio de Administraciones Públicas, se está ocupando activamente del asunto, pero no nos consta actividad pública alguna antes de octubre de 1997. Mantiene buenas páginas informativas en Internet y en 1998 ha publicado la Guía ASI 2000 (220 páginas). De las asociaciones profesionales informáticas nada hay que hacer constar, salvo su silencio.

Podemos plantearnos dos clases de preguntas. La primera y más urgente e importante es ¿cuáles serán las consecuencias de tal retraso?; la segunda, ¿cuáles son las causas de este retraso? Reflexionar ahora acerca de esta última cuestión ciertamente no nos llevará a reducir las consecuencias del problema, pero debería servirnos para extraer lecciones.

Los impactos

Hablar de consecuencias nos lleva a volver de nuevo sobre la dimensión tecnosocial y sobre la dimensión psicológica del problema Y2K, tratados en la primera parte del artículo, porque es en ellas donde se producen los impactos de los errores y fallos cometidos en las capas de su vertiente técnica. Recordemos que el sistema social está formado por una maraña de actividades soportadas por una galaxia de dispositivos técnicos, que en la fatídica fecha no habrá sido ni mucho menos totalmente depurada.

El problema del año 2000 tiene como característica singular que es un problema mundial de alcance global, crecientemente interactivo (ojo con el efecto dominó) y de gran capilaridad, en el que nadie puede garantizar ni siquiera que sus sistemas depurados funcionarán correctamente, a no ser que operen en forma totalmente aislada. Probar que un sistema operará correctamente el 01/01/2000 no garantiza que lo haga cuando trabaje cooperativamente con otros sistemas de su cadena de negocio, por ejemplo. Y esto último, ¿cómo se prueba?

Todas las empresas y organizaciones desarrollan sus actividades apoyándose sobre múltiples sistemas informáticos, de los que unos cuantos son calificables de sistemas críticos, porque soportan las actividades esenciales de sus negocios. Así, por ejemplo, la Agencia Federal de Aviación del Departamento de Transportes de los EEUU, responsable del control de tráfico aéreo, declara tener para esta función 209 sistemas críticos, cada uno compuesto a su vez por múltiples subsistemas. Tales sistemas, que integran equipamiento de computadores, radares y redes de telecomunicación, distribuidos por torres de control en aeropuertos, instalaciones de control de aproximación y centros de ruta, son esenciales para el trabajo de los 17.000 controladores aéreos de ese país, y por consiguiente de todo el mundo.

Sabemos que el problema del año 2000 no resuelto puede manifestarse bajo mil formas en cualquiera de las clases de sistemas que de

modo muy genérico hemos enumerado al describir en este artículo su dimensión tecnosocial. Sólo los responsables de esos sistemas pueden (y deben) prever y evitar dichas formas (fallos) y en su caso informar a sus usuarios.

Ultimamente, tanto portavoces de empresas como funcionarios de la Administración se están preocupando de multiplicar sus mensajes de confianza, no siempre concordantes con datos suministrados por observadores más independientes. Está bien que lo hagan, pero nosotros sabemos que tratan de tranquilizarnos. Hoy por hoy, debemos leer entre líneas que, dado el retraso en el inicio de los trabajos, en esta recta final sus técnicos estarán concentrando recursos y esforzándose en limpiar los sistemas críticos. Lo que hace falta es que lo hagan bien, que los apantallen frente al efecto dominó con su entorno y que preparen planes adecuados de contingencia (y de transición y continuidad de las actividades).

También sabemos que el problema, dentro de su apartado de "sistemas críticos", será razonablemente reparado por la gran mayoría de empresas medianas tirando a grandes, grandes y muy grandes, así como por una buena parte de los organismos públicos. Pero asimismo podemos esperar que las empresas medianas, medianas tirando a pequeñas y pequeñas, (así como los particulares), sin recursos, apenas enteradas del asunto, están a merced del Y2K. Lo que no acabamos de discernir es si el eslogan fabricado por la Dirección General de Política de la PYME constituye un rasgo de ingenuidad, un gesto de humor negro o es simplemente una frase "heavy". Dice así: "Prepararse para el Efecto 2000 es abrir una puerta al futuro". Es como si a alguien que estuviese a punto de naufragar porque se le está abriendo una inesperada vía de agua en el casco le viniesen a ofrecer un folleto en cuatricromía con los anuncios de otro barco nuevo y potente para que se lo compre.

En otro folleto de la misma Dirección General puede leerse lo siguiente: "Una vez hecho todo lo que hay que hacer (se refiere a las tareas de localización y reparación del Problema) asegúrese de que todos sus clientes y proveedores hayan procedido de igual forma. Si no fuera así, animeles a que lo hagan. ¡No hay tiempo qué perder!".

Hemos escrito "razonablemente reparado", y no "perfectamente reparado", porque no se puede ocultar cuánta dificultad, cuánta presión, cuántos atajos, cuánta inercia y cuánta miseria se esconden tras estos proyectos de localización y reparación de errores, tareas que de por sí son tradicionalmente rechazadas o mal digeridas por los círculos profesionales, y consideradas en suma desde hace treinta años como labores de segunda categoría. Ni siquiera aceptan bien los trabajos de mantenimiento perfectivo, afinamiento del sistema y mantenimiento adaptativo. Dicho sea entre paréntesis, en esta actitud, mezcla de rechazo y pereza mental selectiva, puede encontrarse una de las varias razones por las que

el problema del año 2000 ha sido relegado año tras año por la profesión informática al baúl de los olvidos. No queríamos caldo, pues ahora dos tazas.

Con el tiempo tan apurado, casi todas las organizaciones están recurriendo a contratar recursos externos. Un fenómeno notable ha sido la resurrección de los “viejos” saberes de programadores retirados, que han tenido que recuperar del desván intelectual sus armas, y limpiarlas y bruñirlas como hizo Don Quijote para lanzarse a la lucha a salvar el mundo. También está produciéndose un aluvión de contratos de personal insuficientemente cualificado. Además, las prisas en los proyectos informáticos entrañan mucho riesgo para su calidad, -está escrito en el abc de la informática. La introducción de nuevos y distintos errores es un corolario de cualquier proyecto de mantenimiento, lo que en este caso se une a inevitables deficiencias en el control de calidad final. Para rematar este cuadro, algunos analistas advierten concretamente sobre el riesgo de robos de código y fraude informático.

Permítasenos un pequeño apunte a propósito de los errores que, como bien sabemos estadísticamente, se estarán introduciendo en las tareas de reparación del Y2K: ya se ha acuñado la denominación Y2KA (A, por Aftermath) para designarlos y algún analista estima -en nuestra opinión, un tanto exageradamente- que los costes de reparación del Y2KA, que se irá manifestando de forma diluida durante los próximos 3 años, podrían alcanzar un 30% de los del Y2K, en EEUU.

Con tres ejemplos en el cuadro adjunto, extraídos de publicaciones técnicas muy solventes, podrá el lector hacerse una idea de algunas de las dificultades a las que nos estamos refiriendo. Seguramente le resultará extremadamente sorprendente la existencia de tanta “antigüalla” a la altura de nuestro tiempo, cuyo imaginario globalizador se está nutriendo ya de nuevos iconos tecnoeconómicos como el negocio electrónico, las comunicaciones móviles, las empresas virtuales y la economía digital.

Todos los observadores opinan que EEUU es el país más preparado para el problema Y2K, así que apliquémonos el cuento los demás. ¿Será verdad, como aseguraba en su número de enero de 1999 una acreditada publicación técnica, citando estudios del Gartner Group, que la mayor parte de los países, con poquísimas excepciones, va doce meses retrasada con respecto a EEUU? A primeros de 1998, el congresista Steve Horn, presidente de la Subcomisión de Información y Tecnología, dedujo de los informes de las distintas agencias gubernamentales que por lo menos 14 de las 24 no estarían listas para el último día de 1999, si no adoptaban medidas urgentes. En particular, se deducía que los Departamentos de Energía y Trabajo no estarían listos hasta el 2019, si seguían al ritmo de ese momento. El de Transportes, con el que hemos ejemplarizado arriba y en el cuadro de las antigüallas, hasta el 2010.

Estos datos indujeron al presidente Clinton a emitir una orden ejecutiva el 4/2/1998 para que las agencias federales se asegurasen de que ningún sistema crítico fallará a causa del Y2K. ¿Puede realmente cumplirse una orden así? Será interesante de ver, ya que en principio parece ir en contra de las leyes empíricas relativas al cumplimiento del "timing" de los proyectos complejos.

El 31 de marzo de 1999 era una de las fechas acordadas para revisar el estado de los trabajos de los 7.336 sistemas críticos de las agencias federales estadounidenses. Según John Koskinen, presidente del Consejo de Clinton para la Conversión del año 2000, 13 de las 24 agencias han incumplido los planes, pero asegura que el 92% de los sistemas críticos están ya limpios. La oposición política al gobierno se ha puesto nerviosa. El coste de reparación de los sistemas del gobierno federal asciende ya a unos 6.800 millones de dólares.

ANTIGÜALLAS INFORMÁTICAS

Revista IEEE Spectrum, junio 1998. El editor senior T. Perry informa sobre los sistemas críticos para el control del tráfico aéreo en EEUU. Cada uno de los 20 centros de control en ruta dispone de un computador grande del proveedor Y, que es la pieza básica del sistema, que data nada más y nada menos que de los años 80. El medio millón de líneas de código en lenguaje Jovial y los centenares de miles de líneas en lenguaje ensamblador son todavía más antiguos, ya que fueron adaptados de un sistema instalado en 1972. Puestos al habla los responsables de este sistema con la empresa proveedora Y, con vistas a hacerlo compatible con el año 2000, la empresa Y declara que no dispone ni de las capacidades humanas para una técnica tan "vieja" y que ni existen ya las herramientas necesarias para los análisis pertinentes.

El informe explica qué drásticas y carísimas medidas alternativas se decidió tomar para cubrir tamaños vacíos. Además, el programa de sustitución de los equipos citados, presupuestado en 200 millones de dólares y planificado para el año 2003, adelanta su plazo al año 2000, aunque a la fecha de publicación del informe del IEEE Spectrum todavía no había sido adquirido ninguno de los nuevos ordenadores. Otras de

las misiones críticas de la misma Agencia utilizan ordenadores del año 1964, en espera de ser sustituidos por 172 nuevos ordenadores según un programa escalonado hasta el año 2007. Ni qué decir tiene que, entretanto, un software tan antiguo como el que tienen en uso, ha de ser adaptado al problema del año 2000.

En el libro "Close to the Machine", de Ellen Ullman, publicado en 1997, se cita el caso de una gran compañía de tarjetas de crédito. Maneja 72 millones de transacciones diarias con un grupo de programas informáticos de 15 años de antigüedad, "un revoltijo de instrucciones en lenguaje ensamblador que en su estado actual sobrepasa cualquier comprensión humana".

De nuevo, en el IEEE Spectrum, junio 1998: Hay demasiados sistemas empotrados como para poder cambiarlos o repararlos antes del 31 de diciembre de 1999. Lo mejor que puede hacerse es concentrarse sobre aquellos sistemas que representen una mayor amenaza para la seguridad y la salud, tales como los que tienen que ver con los cuidados médicos. (...) Diseños de sistemas empotrados basados en tecnologías de los 70 están todavía en funcionamiento. (...) En 1992, la empresa Z desarrolló un chip reloj compatible con el año 2000, el primero en la industria que proporciona un formato de cuatro dígitos para el año.

La mayor certeza: conocemos la causa de la avería

Volviendo a los impactos, a falta de mejores precisiones, debemos esperar que la red social de actividades soportadas tecnológicamente se encenderá en distintos momentos del año 2000 en múltiples focos de disfunción, de muy variados radios de acción e importancia diversa, distribuidos por todo el mundo, que se irán corrigiendo con mayor o menor rapidez a medida que se presenten, según su complejidad y los recursos disponibles.

Los daños, las molestias, los costes y en general la discontinuidad en las funciones, valorados globalmente en términos económicos, podrían alcanzar un considerable volumen, pero no hay indicios de que vayan más allá de una pequeña proporción del volumen total de la economía. Basta con hacer unos pocos números. En cualquier caso, piénsese que los trastornos ocasionados siempre serán mayores que lo que se diga, lo mismo que ocurre cuando se produce una huelga de pilotos o de controladores aéreos, que se calculan las pérdidas de las compañías operadoras, pero no las pérdidas ampliamente superiores, en todos los sentidos, de los pasaje-

ros, familias y negocios. Y, ahora, de los que estamos hablando son negocios fuertemente basados en la tecnología de la información.

Ayudémonos con el ejemplo de una situación que ya ha desembocado en la vía legal para imaginar hasta qué punto las actividades de una pequeña empresa pueden depender del correcto funcionamiento de su tecnología. Hacia marzo de 1999 se ha interpuesto demanda judicial en el tribunal del estado de New Jersey, E.E.U.U., contra las firmas proveedoras W por vender hasta últimos de 1997 ciertos modelos de sus centralitas telefónicas digitales, se supone que sabiendo que eran incompatibles con el año 2000. Según el periodista de The Financial Post que describe el caso, de ser estimada la reclamación, su monto económico en pagos por daños y perjuicios a los afectados –decenas de miles de pequeñas empresas comerciales- podría ascender a mil millones de dólares.

Naturalmente, dentro de este cuadro, los que más sufrirán serán los sectores sociales con menos recursos, eso hay que darlo una vez más desafortunadamente por sentado. En la infosfera también hay un norte y un sur. No obstante, contempladas las cosas de forma fríamente macroscópica, en términos de daños –sobre todo si consideramos el dolor y la pérdida de vidas humanas- no parece que pueda producirse nada ni lejanamente parecido a cualquiera de las múltiples guerras que arden en el mundo, de las catástrofes naturales que hemos visto en los últimos tiempos o de silenciosos deterioros medioambientales. De cualquier manera, los costes económicos realizados y los previsibles pueden calificarse de muy elevados. Sirva de referencia comparativa que los costes económicos de los desastres naturales durante 1998 han sido evaluados en 93.000 millones de dólares (The Economist, 3/4/1999).

Metafóricamente, podríamos ver el Y2K como un virus (desde luego, no un virus informático) con poder para desencadenar a plazo fijo una enfermedad en esa infosfera en la que ya vive la parte más económicamente desarrollada de la humanidad. Podría verse, siempre hablando metafóricamente, como un extraño tipo de cáncer, en el que las células enfermas han hecho metástasis, no por su propia fuerza multiplicativa, sino por implantación humana “planificada”.

El Y2K es una enfermedad tecnogénica transitoria, sin duda una enfermedad absurda, grave y extendida, pero no mortal. Se está haciendo todo lo posible por curarla, se está eliminando ese virus, pero, habiendo empezado demasiado tarde la tarea, no dará tiempo a limpiar todos los tejidos de la infosfera antes del plazo. Las organizaciones podrán adoptar medidas preventivas relativas al uso de los sistemas afectados. Sabemos que no tiene que activarse necesariamente el virus en el primer instante del año 2000. Y, lo que es más importante, se conocen los antídotos, aunque no sean fáciles de aplicar. Se han elaborado herramientas y técnicas específicas para este problema, se ha generado experiencia.

Objetivamente, la ley de Murphy –“si algo puede salir mal, saldrá mal”– no tiene cabida aquí.

Ahora bien, tal como se ha explicado en este artículo a propósito de la dimensión psicológica del problema del año 2000, éste ha abierto un espacio de incertidumbre. Resumidamente: no sabemos valorar los costes de la reparación, ni el grado final de cumplimiento de las tareas de reparación en el plazo, y lo que es quizá peor no sabemos valorar ni anticipar el punto y el momento de sus impactos. O sea, que conocemos bastante mejor las causas que los efectos (los efectos son el “efecto 2000”). En tales condiciones, sería mucho pedirle a la gente que mantenga la confianza y no caiga en un estado de duda y zozobra. Dado que la mayor parte de la gente, incluidos muchos técnicos informáticos, está desinformada, podría prestar oídos a las opiniones que más le gusten. Ya han empezado a surgir alarmas y catastrofismos, sobre todo en ciertas latitudes geográficas, totalmente infundados.

Hay quien, por ejemplo, asocia –y no carece de lógica– las primeras señales detectadas de un posible ciclo de recesión económica con un inevitable reforzamiento de tal tendencia debido a los efectos del Y2K sobre el sistema económico; acompañados de una cierta desmoralización de los inversores y el consiguiente efecto de bola de nieve sobre los mercados financieros. Con los medios de comunicación actuales, prensa, televisión, boletines de iglesias, internet, etcétera, poner en marcha la psicología del miedo no cuesta mucho trabajo. No es necesario que haya razones objetivas para la alarma, sólo ganas de vender periódicos, aumentar el “share” o incrementar un negocio, aprovechando las ancestrales emociones milenaristas. Y la espiral del miedo sí que puede traer consecuencias, en estas sociedades nuestras tan habituadas al confort y la seguridad.

2000, el año de los abogados

¿Quién pagará los platos rotos? Una parte de ellos ya los están pagando, en moneda de curso legal, quienes están asumiendo los gastos y perjuicios de la reparación, pero, como es lógico, queda pendiente la partida derivada de los efectos del Y2K no reparado o mal reparado.

Hace unos meses, al autor de este artículo le preguntaron quiénes eran los responsables de tales efectos y como en un acto reflejo se nos ocurrió iniciar la respuesta estableciendo un cierto paralelismo con la crisis de los mercados financieros del año 1998. Entonces, la responsabilidad parecía poder diluirse entre las autoridades monetarias nacionales e internacionales, las instituciones financieras, los políticos y gobernantes, los tiburones financieros y los expertos en mercados bursátiles, que en sus proyecciones no acertaron una ni por casualidad. Quienes pagaron las pérdidas fueron muchísimas empresas, pequeños ahorradores y ciudadanos sin ahorros que perdieron sus empleos.

Es claro que de la responsabilidad moral a la responsabilidad civil y económica hay mucha distancia. Las causas que conducen a los efectos del 2000 son más concretas que las que alteran los mercados financieros, pero la complejidad e intangibilidad de su instalación y evolución a lo largo del tiempo y su especial enmarañamiento sistémico, unido a la falta de legislación al respecto no van a facilitar precisamente las reclamaciones por daños y perjuicios, que, por cierto, ya se han iniciado hace tiempo y existen antecedentes de sentencias condenatorias. Distribuir virus informáticos, por ejemplo, está considerado delito federal en EEUU. Seguramente, debe estar también penado en casi todas partes distribuir productos alimenticios sin etiquetarlos con su fecha de caducidad, pero ¿qué pasa con los productos informáticos que también tienen fecha de caducidad?

Se vaticina que en el año 2000 van a entablarse muchos litigios. Hay polémica sobre si el 2000 es el primer año del tercer milenio o lo es el 2001, como muchos creemos, pero es más que probable que en cualquier caso el 2000 será el año de los abogados. Importantes bufetes de abogados, sobre todo en un país tan litigioso como los EEUU, están afilando sus armas, porque las batallas van a ser difíciles, dada la especial sutileza del asunto. Como se decía en *The Economist*, el 2000 traerá alegría para los abogados y tristeza para las empresas aseguradoras. Aquéllos, según a qué parte defiendan, tratarán de demostrar que unos han vendido productos sin avisar sobre su fecha de caducidad, que otros los han aceptado, utilizado o montado en sistemas sin quejarse de tal circunstancia, que los de más allá han cobrado su trabajo de reparación dándolo por perfectamente concluido, que los fallos son atribuibles a algún elemento de otro proveedor o de otro sistema, etcétera.

Los fracasos y los errores no tienen padres. Será digno de ver cómo todos los reclamados miran hacia otro lado o señalan al prójimo. Probablemente, también habrá un cierto número de despidos en las empresas. Algunos analistas dicen y escriben que un buen número de los consultores y empresas de reparación surgidos al calor del Y2K se disolverán voluntariamente a finales de 1999, tal vez para ir a celebrar la llegada del 2000 en la isla de Tonga, tanto si es el final del milenio, como si no.

No hace falta decir que los abogados de muchas importantes empresas se van a emplear a fondo, que los sectores económicos más débiles no van a poder librar esta batalla o que se verán en clara inferioridad, si no cuentan con alguna institución que vele por ellos y que cabe esperar algún fallo sonado que creará jurisprudencia. En los Estados Unidos es muy probable que se invoque con frecuencia el caso de la industria del tabaco, que ha sido condenada a pagar una enorme cifra de millones de dólares para cubrir los gastos médicos provocados por su consumo. Las

compañías tabaqueras contaban con estudios que mostraban estadísticamente la correlación de inhalar nicotina con el cáncer de pulmón, que era mucho saber, aunque no una demostración científica de un nexo causa-efecto. Pero también es posible que la industria informática y electrónica americana salga bastante bien parada con respecto a las demandas por daños del Y2K, gracias a su eficaz presión sobre los poderes públicos, para conseguir legislación que limita su responsabilidad civil en este campo.

LAS LECCIONES

Después de todo lo que aquí tan largamente se ha expuesto esperamos que haya quedado claro que no hubo error técnico en la decisión de utilizar un formato de datos insuficiente para representar los años. Eso fue algo obligado y correcto en su día. Lo que ha ocurrido después es chapuza organizativa, descuido colectivo, quizá desidia, basados en comportamientos inadecuados de ciertos sectores, que analizaremos más adelante: comportamientos debidos a un conjunto de causas que, por acción o por omisión, implican dosis variadas de ignorancia, codicia, prisa, desinterés, falta de profesionalidad, mecanismos psicológicos de autodefensa y enfoque simplista frente a la complejidad sociotécnica de la tecnología. La metedura de pata ya no tiene vuelta atrás. Deberíamos preguntarnos ¿cómo hemos podido ser tan estúpidos para meter ahí tanta basura?

El error no fue meter el formato (u otros formatos, recuérdese el cuadro con "Historias de números"), sino dejar que se reprodujera dentro de la infosfera, en lugar de corregirlo progresivamente, y seguir tanto tiempo con las mismas prácticas, contribuyendo activamente, en medio de una cierta insensibilidad social, a que se infiltrara de una manera tan intrincada, universal y multiplicativa en una constelación de sistemas y en la inmensa red de actividades que ésta soporta.

Lección universal de socioinformática

La magnitud, las consecuencias del Y2K y el eco que seguramente despertarán propician una ocasión de oro para reflexionar un poco sobre el conjunto de las circunstancias de este caso. Podemos convertirlo en un estupendo caso de estudio, del que extraer algunas enseñanzas en lo que respecta a las relaciones sociedad-tecnología.

Postulemos como referencia el siguiente hecho: la tecnología ya no es sólo un artefacto técnico, es un artefacto social, desde que se constituye en componente ubicuo de la mayoría de las actividades humanas. Las implicaciones de tal aserto son que la tecnología es un asunto de todos, tanto de los sectores técnicos, como de los sectores sociales no técnicos.

Es evidente que, salvo excepciones, los diferentes actores del elenco del espectáculo Y2K no han actuado guiados por ese principio. Veámoslo.

Sin entrar en la casuística, está probado que de forma general la industria suministradora de hardware y software y de servicios informáticos ha vendido, diseñado, programado, integrado o instalado hasta hace poco tiempo equipos y sistemas afectados de la famosa fecha de caducidad. En principio, nos estamos refiriendo sólo a los proveedores de los elementos técnicos afectados por este formato concreto, pero hemos citado otros ejemplos para que se comprenda que se trata de una práctica común. El modelo básico del negocio de la industria se fundamenta en una competencia feroz, consistente en sacar al mercado nuevos productos cada pocos meses, lo que implica a menudo, entre otras cosas, repetir, al margen de la calidad de su diseño (¿y de la ética empresarial?), aunque mejorándolas en cuanto a potencia, arquitecturas ya probadas.

Los profesionales de la informática han colaborado, unos con la industria, otros con las organizaciones clientes de esa industria, unos cuantos con la universidad o con las administraciones. Algunos se han percatado del problema, otros, no. Si lo compraban y no lo vieron o callaron, han contribuido a multiplicar sus efectos. Nadie podía imaginar que algunos sistemas iban a durar tanto en servicio, eso es verdad. Pero también lo es que muchos responsables técnicos han optado sistemáticamente por huir de los problemas de mantenimiento y, con respecto al Y2K, son legión los que cuando han aparecido los primeros informes o artículos los han despreciado o ridiculizado, sin tomarse la molestia de estudiarlos, por no mencionar a quienes por norma ni se preocupan de actualizar su información profesional. A estas alturas, ya es innegable que se han equivocado, lo prueban el retraso adquirido en reparar el problema y los sucesivos reajustes al alza de los presupuestos.

Por último, y para subrayar algo importante que habría que corregir con vistas a “abrir una puerta al futuro”, hay que decir que los técnicos acostumbran a estar adiestrados y mentalizados para ver y sentirse implicados profesionalmente sólo por el nivel técnico básico (no sistémico) de la tecnología y por formación son ciegos para sus implicaciones sociales. ¿No habrá que revisar el concepto de racionalidad técnica y científica?

En cuanto a los expertos y gurús del sector informático, no han sido muy diligentes en detectar, evaluar y explicar humilde y constructivamente el problema. En su descargo, cabe argumentar que, de haberlo hecho antes, habría sido en un clima de escasa receptividad e incluso de rechazo. Por lo general, ellos también son técnicos y se ven adornados con los mismos “defectos” profesionales. No es de recibo que ciertas estimaciones por algunos de ellos elaboradas sean tan notoriamente infiables,

incluso tendenciosas. Dado el conocido efecto mágico de los números, informes elaborados por famosas instituciones de expertos –imaginemos informes sobre el estado de retraso de países o sectores económicos frente al Y2K a pocos meses de la fecha, como de hecho se están preparando- pueden ocasionar en ellos voluminosos drenajes de capital.

Innumerables responsables de empresas usuarias de informática no han considerado a tiempo que el asunto iba con ellos. Si alguno de sus asesores técnicos les ha alertado es probable que lo hayan tomado por exageración, dada la paradoja psicológica que dificulta la comprensión de la complejidad del problema. Pero es común que los ejecutivos de negocio y de cualesquiera organizaciones estén convencidos de que la tecnología es el dominio de los técnicos, no el suyo. ¡Que lo resuelvan éstos!, es todavía su actitud mayoritaria, incongruente con la realidad tecnosocial.

Más acusada todavía es la indiferencia de políticos, gobernantes y funcionarios de la Administración con respecto a la tecnología, actitud grave, habida cuenta de cómo la tecnología afecta hoy a lo que ellos llaman la “cosa pública”. Su contribución al conocimiento, estudio y adopción de medidas en el caso del Y2K, por lo menos en España, ha sido superficial, poco contundente y sobre todo demasiado tardía.

La universidad y las instituciones académicas también han prestado oídos sordos a este problema. No tiene nada de extraño, porque el enfoque docente de la universidad es exclusivamente científico y técnico, en España además delimitado angostamente por unas orejeras reguladoras de la actividad del profesorado que llaman áreas de conocimiento. En su enseñanza de la tecnología informática, en particular, están ausentes las consideraciones sociales y éticas. Un profesor o investigador podría interesarse, pongamos, por desarrollar una herramienta para detectar y corregir el Y2K dentro de un determinado sistema operativo, programa o base de datos, pero no por sintetizar una evaluación de sus efectos en un sistema informático complejo o por instruir a sus alumnos o al gran público sobre tales consecuencias. El enfoque sociotécnico no ha entrado aún en las aulas. Consecuentemente, la sociedad no debe esperar de la universidad consejos públicos razonables –muy difíciles y comprometedores, por lo demás- sobre los impactos de la tecnología.

La sociedad compleja

Sería razonable que los efectos del Y2K provocasen una pérdida de confianza en la tecnología y en los técnicos. Lo tendríamos bien merecido los técnicos. Pero justamente estamos intentando demostrar que todo el mundo ha tenido en este caso algo que ver en cuanto al uso de la tecnología informática, no sólo los técnicos. Lo que ha ocurrido muestra que el ser humano es capaz de inventar una tecnología que es más comple-

ja de lo que es colectivamente capaz de controlar en su nivel tecnosocial y en el nivel emocional, si no se organiza un poco y aprende. Pueden avivarse los mitos del monstruo Leviatán, del Gran Hermano, o de la criatura del doctor Frankenstein, eso siempre ha servido de contrapeso a la temeridad y la locura del investigador y del científico, y también de freno al progreso. Ahora, lo que procede es desarrollar en todos los grupos la capacidad intelectual y las actitudes adecuadas para desenvolverse en medio de la complejidad.

De la experiencia que estamos viviendo con el Y2K podemos aprender para casos peores, y no sólo en el ámbito de la tecnología de la información. En los párrafos anteriores se han descrito telegráficamente algunas de las pautas de comportamiento que rodean el desarrollo y uso de esta tecnología. Simplemente, hay que revisirlas, tanto en sus contenidos como en su estructura.

La sociedad tecnológica es una sociedad compleja, y por ser compleja es vulnerable. No podemos sólo beneficiarnos de las enormes ventajas de la tecnología y olvidar sus riesgos. Sería demasiado bonito. "El soporte tecnológico genera ámbitos funcionales poderosos, pero limitados en su capacidad, vulnerables, inciertos, en los que acecha el despertar de un foco de fractura", escribimos hace unos dos años en un artículo titulado "Incertidumbre tecnológica". Incertidumbre y complejidad, ésas son las claves. A este respecto, lo interesante del caso Y2K son sus posibilidades didácticas, porque su disección nos muestra hasta qué punto una parte de esa incertidumbre tiene sus orígenes en comportamientos sociales totalmente modificables.

Abril, 1999